



RO/CH PCT/CH 2005/000043

01. März 2005 (01.03.2005)

**SCHWEIZERISCHE EidGENOSSENSCHAFT  
CONFÉDÉRATION SUISSE  
CONFEDERAZIONE SVIZZERA**

**Bescheinigung**

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

**Attestation**

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

**Attestazione**

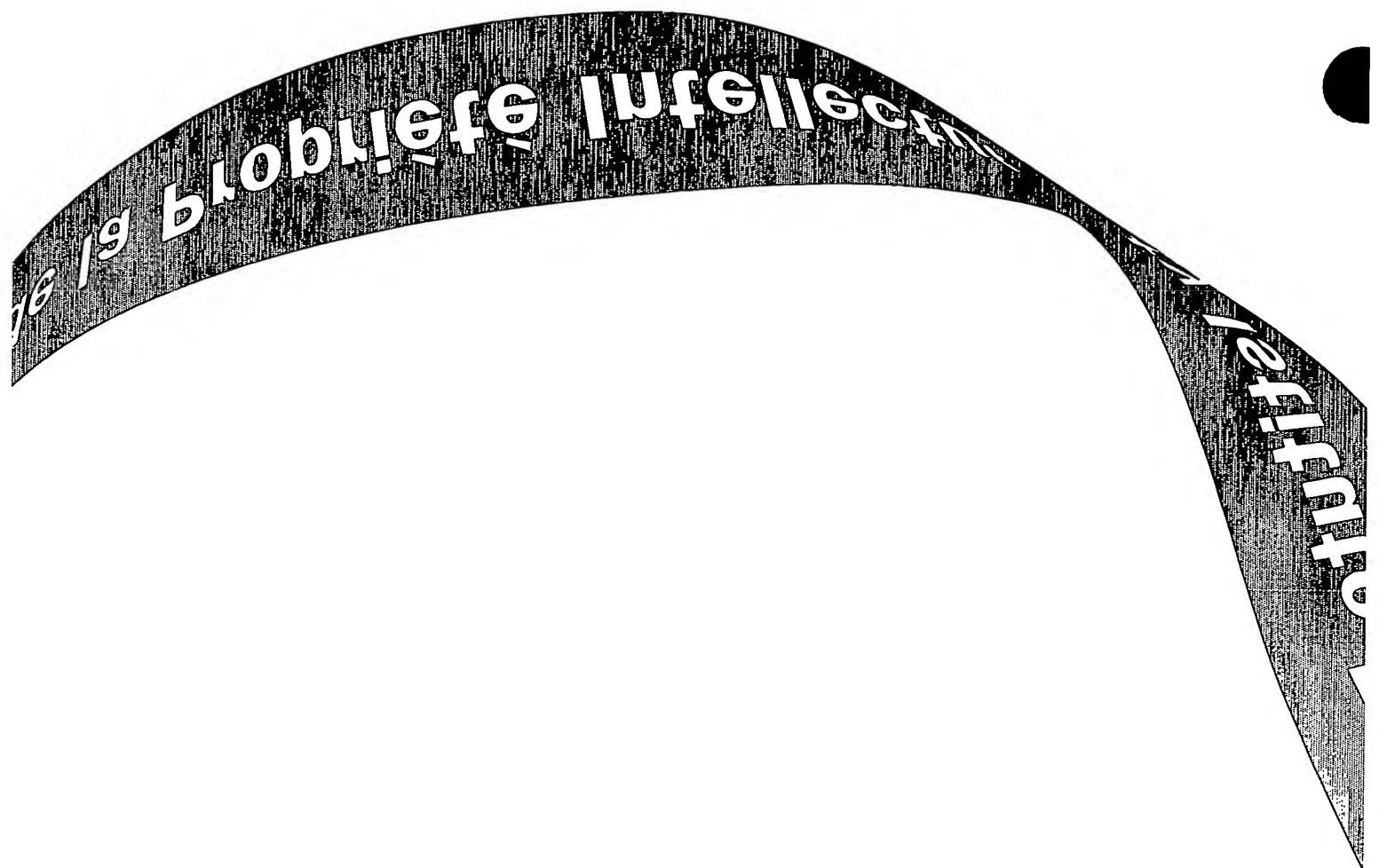
I documenti allegati sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

Bern, 11. FEB. 2005

Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum  
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle  
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Administration Patente  
Administration des brevets  
Amministrazione dei brevetti

Jenni Heinz



**Hinterlegungsbescheinigung zum Patentgesuch Nr. 00287/04 (Art. 46 Abs. 5 PatV)**

Das Eidgenössische Institut für Geistiges Eigentum bescheinigt den Eingang des unten näher bezeichneten schweizerischen Patentgesuches.

**Titel:**

Individualimplantat und Verfahren zu dessen Herstellung und Implantation.

**Patentbewerber:**  
Woodwelding AG  
Bodmerstrasse 7  
8002 Zürich

**Vertreter:**

Frei Patentanwaltsbüro AG  
Postfach 524  
8029 Zürich

**Anmeldedatum:** 20.02.2004

**Voraussichtliche Klassen:** A61C, A61F, A61L

**Sitzverlegung:**

Woodwelding  
Bundesstrasse 3  
6304 Zug  
(Inhaber/in)

**reg:** 28.01.2005

DR. H. J. WILHELM

## INDIVIDUALIMPLANTAT UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG UND IMPLANTATION

Die Erfindung liegt im Bereiche der Medizinaltechnik und betrifft ein in Knochen-  
gewebe zu implantierendes Individualimplantat, insbesondere ein individuelles  
Dentalimplantat, ein individuelles Gelenkimplantat, oder ein Implantat zur Füllung  
eines individuellen Knochendefektes, sowie Verfahren zu dessen Herstellung und  
5 Implantation.

Mit dem Begriff Individualimplantat ist ein Implantat bezeichnet, das im wesentlichen  
an die Form einer vorgegebenen Kavität, in die es zu implantieren ist, angepasst  
ist, derart, dass es nach der Implantation über einen möglichst grossen, funktionell  
wesentlichen Anteil seiner Oberfläche mit dem Knochengewebe in direktem Kontakt  
10 steht. Das Individualimplantat hat also üblicherweise eine unregelmässige Form, ins-  
besondere die Form eines unregelmässigen Konus, der nicht durchgängig einen run-  
den Querschnitt und/oder eine gerade Achse hat. Das Individualimplantat ist also  
kein genormtes Implantat, das z.B. im wesentlichen rotationssymmetrisch ist und in  
eine eigens dafür erstellte Kavität implantiert wird oder das eine grob an eine Kavität  
15 angepasste Form aufweist und mit Hilfe einer sich rund um das Implantat erstrek-  
kenden Zementschicht in die Kavität implantiert wird.

Dentalimplantate werden als Ersatz einer natürlichen Zahnwurzel zum Tragen von zum Beispiel künstlichen Kronen, Abutments, Brücken oder Zahnpfosten nach Extraktion der natürlichen Zahnwurzel im Kieferknochen implantiert.

Bekannte solche Dentalimplantate sind zylindrische oder leicht konische, im wesentlichen rotationssymmetrische Stifte, die in verschiedenen, genormten Größen und Formen auf den Markt kommen und von denen der Dentalchirurg das für einen spezifischen Fall am besten geeignete Implantat auswählt. Solche Dentalimplantate weisen üblicherweise ein Gewinde auf und werden in eine speziell dafür im Kieferknochen erstellte Bohrung eingeschraubt. Dies ist im allgemeinen erst dann möglich, wenn sich die Kavität, die durch Extraktion der zu ersetzenen, natürlichen Zahnwurzel entstanden ist, mit regeneriertem Knochengewebe gefüllt hat, also erst um eine erste Wartezeit von 3 bis 6 Monaten nach der genannten Extraktion. Das eingeschraubte Implantat wird unmittelbar nach der Implantation üblicherweise kaum belastet, denn das Risiko ist gross, dass durch die Belastung das Implantat relativ zum Knochengewebe zu stark bewegt wird, derart, dass durch diese Bewegungen eine gute Integration des Implantates im Knochengewebe (Osseointegration) verhindert wird. Aus diesem Grunde wird in einer grossen Mehrheit von Fällen ein aus dem Kiefer ragender Teil (Krone, Brücke etc.) erst nach einer zweiten Wartezeit von wiederum ca. 3 bis 6 Monaten auf dem Implantat montiert, nämlich erst dann, wenn das Implantat voll im Knochengewebe integriert ist und durch normale Belastung bedingte Relativbewegungen zwischen Implantat und Knochengewebe ein physiologisch verträgliches Mass nicht mehr überschreiten.

Es zeigt sich, dass schraubenförmige Implantate, wenn sie voll im Kieferknochen integriert sind, eine Stabilität aufweisen, die für normale Belastungen genügt und die auch langfristig unverändert bleibt. Dies ist unter anderem auch darauf zurückzuführen, dass das Implantat durch das Gewinde seitlich im Knochengewebe gut verankert

ist, wodurch Schubkräfte auf das Knochengewebe reduziert und eine Überbelastung des Alveolengrundes durch Druckkräfte vermieden wird.

Es ist bekannt, dass das Knochengewebe die Tendenz hat, sich während den Wartezeiten, in denen das Implantat bzw. der Kieferknochen nicht belastet ist, in unerwünschter Weise zurück zu bilden. Es ist auch bekannt, dass Relativbewegungen zwischen Implantat und Knochengewebe, die ein physiologisch verträgliches Mass nicht überschreiten, die Knochenregeneration und damit die Osseointegration des Implantates anregen würden. Aus diesem Grunde wird mit verschiedensten Mitteln versucht, die genannten Wartezeiten zu verkürzen oder ganz zu umgehen.

Um die erste Wartezeit, nämlich die Zeit, die es dauert, bis eine durch die Extraktion der natürlichen Zahnwurzel entstandene Kavität sich mit Knochengewebe gefüllt hat, zu vermeiden, und auch um die die natürliche Kavität (Alveole) umgebende, verdichtete Knochenschicht (Alveolärer Knochen) als tragendes Element ausnützen zu können, wird vorgeschlagen, dem Implantat eine Form zu geben, die nicht wie eine Schraube im wesentlichen rotationssymmetrisch ist sondern im wesentlichen der Form der zu ersetzenen, natürlichen Zahnwurzel entspricht. Ein solches Implantat kann unmittelbar oder kurz nach der Extraktion der natürlichen Zahnwurzel in die bestehende Kavität (natürliche Alveole) implantiert werden.

Da aber im natürlichen Zustand zwischen der Zahnwurzel und der Alveolenwand ein faseriger Halteapparat (Zahnhaut) angeordnet ist, hat ein Implantat, das ein genaues Abbild der natürlichen Zahnwurzel (z.B. durch Negativ-Positiv-Giessverfahren hergestellt) darstellt, in der Alveole keinen festen Sitz. Dies wirkt sich negativ auf die Osseointegration während der zweiten Wartezeit, da sich in einem Spalt zwischen Alveolenwand und Implantat bindegewebeartiges Gewebe bilden kann, das die

Osseointegration mindestens örtlich verhindert, dem Implantat aber keine genügende Stabilität geben kann.

Um mit solchen, einer natürlichen Zahnwurzel nachgebildeten Dentalimplantaten eine verbesserte Stabilität für die Osseointegrations-Phase (zweite Wartezeit) und 5 damit eine bessere Ausgangslage für eine erfolgreiche Osseointegration zu geben, wird auch vorgeschlagen (US-5562450, Gieloff et al. und WO-88/03391, Lundgren), das Implantat gegenüber der natürlichen Zahnwurzel dicker, das heisst mit etwas grösseren Querschnitten auszubilden und die mit dem Knochen in Kontakt kommende Implantatoberfläche mit Strukturen, insbesondere mit Vertiefungen (Wabenstrukturen, Strukturen mit Hinterschnitten) zu versehen. Die genannten Implantate werden beispielsweise hergestellt, indem nach der Extraktion der natürlichen Zahnwurzel diese oder die Alveole beispielsweise berührungslos vermessen wird, indem die Messdaten in einem CAD-System bearbeitet werden und indem in einem CAM-System ein entsprechender Rohling anhand der bearbeiteten Messdaten durch Fräsen, 10 Schleifen, Elektroerosion etc. das Implantat erstellt wird.

15

Die genannten, „überdimensionierten“ individuellen Dentalimplantate sitzen nach der Implantation durch „press fit“ bedeutend fester in der Alveole als genaue Abbilder der natürlichen Zahnwurzel. Es zeigt sich aber, dass die Alveolenwand innerhalb kurzer Zeit durch Umbauvorgänge und mechanische Relaxation gegenüber den eingebrachten Kräften relaxiert und dass damit das Implantat nicht mehr durch „press-fit“ stabilisiert ist sondern wiederum relativ locker in der Alveole sitzt, so dass, trotz verbesserter Primärstabilität unmittelbar nach der Implantation, keine optimalen Bedingungen für eine Osseointegration gegeben sind. Es zeigt sich ebenfalls, dass diese Implantate auch nach der Osseointegrations-Phase (zweite Wartezeit) dazu tendieren, 20 bei Belastung ihren Halt im Kieferknochen wieder zu verlieren. Wie an der 52. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde (DGZPW) im Mai 2003 von R.-J. Kohal et al. vorgetragen wurde (veröffentlicht 25

in DentSci (2) 7: 11), bildet sich der Kieferknochen im Bereich solcher Implantate während der Osseointegrationsphase und bei nachfolgender Belastung stark zurück und können sich die Implantate auch ganz aus dem Knochengewebe lösen.

Diese Tatsache kann unter anderem darauf zurückgeführt werden, dass das Implantat 5 grossflächig im Kontakt mit dem sich nach der Extraktion in intensivem Umbau befindlichen alveolären Knochengewebe befindet, so dass die im Knochen induzierten Spannungen sehr gering sind. Die Oberflächengeometrien können über den Pressfit die Spannungen zwar sehr lokal erhöhen, aber das beanspruchte Volumen ist offenbar zu klein um effektiv eine mechanisch induzierte Stimulation der Knochenneubildung zu erreichen. Die durch die Kaubewegungen entstehenden Druckkräfte auf das 10 Implantat bewirken in der Alveolenwand vor allem Schubkräfte. Durch den Formfit mit der Geometrie der Alveole wird zudem kaum eine Stabilisierung gegenüber Rotationskräften erreicht. Als Folge davon kann es in der Grenzfläche zum sich neu bildenden Knochen zu Verschiebungen kommen, welche eine Osseointegration mangels ausreichender Rotationsstabilität verhindert. Diese Problematik ist vor allem 15 auch in der Hüftendoprothetik eingehend diskutiert worden. Für den speziellen Fall des Zahnimplantates ist aufgrund der Steilheit der Alveolenwand ein Transfer der axialen Belastung nur in geringem Masse möglich. Damit verschieben sich die Belastungen vom ursprünglich proximalen Teil der Alveole stark nach distal und können 20 in der Folge zu Überbelastung des Alveolengrundes führen, welcher ja bei der Extraktion als Austrittsstelle für die Blutgefäße und Nerven nicht vollständig verknöchert ist. Folgen können Drucknekrosen und weitere durch Fehlbelastungen induzierte Probleme sein. Dieser Problematik wird auch im Design herkömmlicher Schraubenimplantate grösste Beachtung geschenkt, obwohl in diesem Fall die Alveole 25 normalerweise vollständig verknöchert ist.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein in Knochengewebe zu implantierendes Individualimplantat, insbesondere ein individuelles Dentalimplantat, ein individuel-

les Gelenkimplantat oder ein Implantat für die Reparatur eines individuellen Knochendefektes zu schaffen sowie Verfahren zu dessen Herstellung und Implantation, wobei das erfindungsgemäße Individualimplantat die Form eines unregelmässigen (nicht rotationssymmetrischen) Konus aufweist, das heisst, sich gegen ein distales Ende hin verjüngt, und für den Fall eines Dentalimplantates eine im wesentlichen an eine natürliche Zahnwurzel angepasste Form hat. Das Dentalimplantat gemäss Erfindung soll also wie bekannte, einer natürlichen Zahnwurzel nachgebildete Dentalimplantate unmittelbar nach der Extraktion der natürlichen Zahnwurzel implantierbar sein, soll aber im Gegensatz zu bekannten, auch als Zahnreplika bezeichneten, solchen Dentalimplantaten während der Osseointegrations-Phase und nach dieser langfristig stabil bleiben, wie dies für schraubenförmige Dentalimplantate der Fall ist. Auch individuelle Gelenkimplantate und Implantate für die Reparatur von individuellen Knochendefekten gemäss Erfindung sollen unmittelbar nach der Implantation eine für eine mindestens beschränkte Belastung genügende Primärstabilität aufweisen, sollen während einer Osseointegrations-Phase gut im Knochengewebe integriert werden und sollen langfristig stabil sein. Dabei soll die Implantation des erfindungsgemässen Implantates mit an sich bekannten Implantationsmethoden durchführbar sein und soll das Implantat in an sich bekannten Herstellungsschritten herstellbar sein.

20 Diese Aufgaben werden gelöst durch das Individualimplantat und die Verfahren zu dessen Herstellung und Implantation, wie sie in den Patentansprüchen definiert sind.

Im Folgenden wird die Erfindung insbesondere am Beispiel von individuellen Dentalimplantaten, deren Form im wesentlichen der Form einer natürlichen Zahnwurzel entspricht, beschrieben. Alle beschriebenen Merkmale dieser Dentalimplantate sind aber auch anwendbar für andere, in Knochengewebe zu implantierende Implantate, die, um in eine vorgegebene Kavität in möglichst weitgehendem, direktem Kontakt mit dem Knochengewebe implantierbar zu sein, die Form eines unregelmässigen

Konus aufweisen und aus diesem Grunde nicht durch Einschrauben im Knochenge-  
webe verankert werden können. Derartige Implantate sind, wie bereits weiter oben  
erwähnt, beispielsweise an eine individuelle epi-, meta- und diaphysäre Geometrie  
bzw. an eine in dieser individuellen Geometrie zu erstellende Kavität angepasste

5 Schäfte von Gelenkprothesen (Gelenkimplantat z.B. für Hüftgelenk-, Kniegelenk-  
oder Fingergelenkprothesen), die in entsprechend vorbereitete Röhrenknochen im-  
plantiert werden, oder es sind Implantate, die für die Reparatur von individuellen De-  
fektstellen vorgesehen sind und formmässig an diese Defektstellen angepasst sind  
(beispielsweise Defektstellen im Schädel- oder Kieferbereich oder durch Tumorer-  
krankungen entstandene Defektstellen in irgend einem Knochenbereich). Es ist auch  
denkbar, die Erfindung auf Replika von bestehenden Implantaten anzuwenden, wo-  
bei in einer Revisionsoperation ein bestehendes Implantat mit nur minimalem Ver-  
lust an vitalem Knochengewebe durch ein an das bestehende Implantat bzw. an eine  
durch Entfernung des bestehenden Implantates entstehende Kavität angepasstes Indi-  
vidualimplantat ersetzt wird.

Ein Dentalimplantat gemäss Erfindung unterscheidet sich von bekannten Dentalim-  
plantaten, deren Form an die Form einer zu ersetzenen, natürlichen Zahnwurzel  
oder einer durch Entfernung dieser Zahnwurzel entstandenen Kavität (Alveole) an-  
angepasst ist, dadurch, dass es sich nicht wie die natürliche Zahnwurzel gegen sein di-  
stales Ende im wesentlichen kontinuierlich verjüngt, sondern dass es stufenartige  
20 Querschnittsreduktionen aufweist, die derart dimensioniert sind, dass sie nach der  
Implantation in der Alveolenwand positioniert sind. Die stufenartigen Querschnitts-  
reduktionen erstrecken sich ganz oder teilweise um das Implantat herum, im wesent-  
lichen senkrecht oder schief zu einer Implantatsachse. Die stufenartigen Quer-  
schnitte reduktionen können stumpf sein oder schneidende Geometrien aufweisen.

Das erfindungsgemässse Dentalimplantat wird vorteilhafterweise mittels mechani-  
scher Vibration, insbesondere mittels Ultraschall, implantiert, kann aber auch einfach

eingeschlagen werden. Die genannten, stufenartigen Querschnittsreduktionen werden während der Implantation in die Alveolenwand eingedrückt und erzeugen im alveolären Knochen entsprechende Schultern. Es ist aber auch möglich, derartige Schultern vor der Implantation mit Hilfe eines formmässig auf das Implantat abgestimmten

5 Werkzeuges zu erstellen. Welche der beiden genannten Methoden zur Erstellung der Schultern im alveolären Knochen gewählt wird, ist insbesondere abhängig von der Beschaffenheit des vorliegenden alveolären Knochens und von Chirurg und Patient. Das vorgängige Erstellen der Schultern kann mit weniger mechanischer Belastung des Knochengewebes durchgeführt werden und eignet sich daher vor allem auch für

10 die Anwendung beim älteren Patienten mit schlechter Knochenqualität.

Im implantierten Zustand bilden die genannten, stufenartigen Querschnittsreduktionen des erfindungsgemässen Dentalimplantates, ähnlich wie die Gewindegänge eines schraubenförmigen Implantates, seitliche Abstützungen im Knochengewebe, also Stellen, an denen Druckkräfte seitlich vom Implantat in das Knochengewebe eingekoppelt werden und zwar mehr orthogonal als dies über eine Implantatoberfläche ohne Stufen der Fall ist. Durch diese Abstützungen entstehen gezielte, lokale Belastungsstellen, an denen Knochenregeneration stimuliert wird. Ziel ist es dabei, den Knochen primär durch Normalkräfte zu stimulieren und durch mangelnde Stabilität induzierte Verschiebungen in der Grenzfläche zwischen Implantat und Alveolengrund zu vermeiden. Ferner wird der Alveolengrund relevant entlastet.

Vorteilhafterweise ist das erfindungsgemässse Dentalimplantat gegenüber der Alveole derart überdimensioniert, dass es mindestens unmittelbar nach der Implantation durch einen leichten, lokalen „press-fit“ in der Alveole stabilisiert ist. Der „press-fit“ wird durch geeignete Gestaltung vorteilhafterweise zum Alveolengrund hin reduziert. Eine insbesondere bevorzugte Ausführungsform des Dentalimplantates gemäss Erfindung weist zusätzlich zu den stufenartigen Querschnittsreduktionen Oberflächenbereiche aus einem durch mechanische Vibration verflüssigbaren, beispielswei-

se thermoplastischen Material auf. Dieses Material wird bei der Implantation mittels mechanischer Vibration an Berührungsstellen mit dem Knochenmaterial verflüssigt und in Unebenheiten und Poren des Knochengewebes eingepresst, wobei es in einen innigen Kontakt mit der Knochenoberfläche gebracht wird. Dadurch entstehen nach 5 einer Wiederverfestigung des thermoplastischen Materials formschlüssige und gegebenenfalls stoffschlüssige Verbindungen zwischen dem Implantat und dem Knochengewebe, die das Implantat schon unmittelbar nach der Implantation im Knochengewebe der Alveolenwand verankern. Wenn das thermoplastische Material entsprechende mechanische Eigenschaften hat und entsprechend dimensioniert wird, 10 reicht diese Verankerung durchaus aus, um das Implantat unmittelbar nach der Implantation einer normalen Belastung auszusetzen, so dass also auch die zweite Wartezeit (Osseointegrations-Phase) nicht mehr notwendig ist. Die Verbindungsstrukturen aus dem thermoplastischen Material haben den weiteren Vorteil, dass sie ein im Vergleich zum Knochen geringeres Elastizitätsmodul aufweisen und kriechfähig 15 sind, dass sie also schockartige Belastungen besser als das relativ spröde Knochengewebe aushalten und übermässige Spannungen abbauen können. Die Belastung solcher Verbindungen erlaubt damit kleinste, das heisst osseointegrations-fördernde Relativbewegungen zwischen Implantat und Knochengewebe, verhindert aber Verschiebungen, welche zur Störung des Osseointegrationsprozesses führen würden.

20 Vorteilhafterweise ist das thermoplastische Material biologisch resorbierbar und erstreckt sich nur über einen Teil der Implantatoberfläche, während die Oberfläche eines nicht resorbierbaren Implantatteils osseointegrative Eigenschaften hat. Auf diese Weise wird dafür gesorgt, dass die Osseointegration unmittelbar nach der Implantation beginnen und die Verankerung mittels thermoplastischem Material sukzessive 25 ablösen kann. Es ist aber auch möglich, ein nicht resorbierbares, thermoplastisches Material zu verwenden, derart, dass dessen Verankerung im Knochengewebe die Verankerung mittels Osseointegration dauernd ergänzen oder gar ersetzen kann. In diesem Fall kann auch eine weitergehende Bedeckung der Oberfläche mit dem Polymer zur Maximierung der Stabilität sinnvoll sein.

Anstatt das mittels mechanischer Vibration verflüssigbare Material an der Oberfläche des Implantates anzuordnen, kann es auch in einem inneren Hohlraum des Implantates vorgelegt sein und während der Implantation durch die mechanische Vibration in diesem Hohlraum verflüssigt und durch entsprechende Öffnungen an die Implantatsoberfläche gepresst werden. Für ein derartig ausgestaltetes Implantat kann als verflüssigbares Material ebenfalls ein thermoplastisches Material zur Anwendung kommen, oder aber ein thixotroper, partikulärer, hydraulischer oder polymerer Zement, wie er in der Orthopädie auch für die Verankerung von Implantaten oder zum Beispiel auch für die Infiltration von osteoporotischen, kollabierten Wirbelkörpern verwendet wird.

Anstelle der Oberflächenbereiche aus dem thermoplastischen Material oder zusätzlich dazu kann das erfindungsgemäße Implantat auch axial verlaufende, furchende oder selbstschneidende Strukturen aufweisen, die bei der Implantation in die Alveolenwand eindringen und dem Implantat insbesondere bezüglich Torsionskräften Primärstabilität verleihen. In ähnlicher Weise kann auch ein furchender Kragen im proximalen Bereich des Implantates eine zusätzliche Stabilisierung im Kortex bewirken.

Die wichtigsten Vorteile der oben beschriebenen, bevorzugten Ausführungsform des individuellen Dentalimplantates gemäss Erfindung, das mit stufenartigen Querschnittsreduktionen und Mitteln zur Erzielung einer genügenden Primärstabilität (z.B. Oberflächenbereiche aus einem thermoplastischen Material und/oder axial verlaufende, furchende oder schneidende Strukturen) aufweist, sind die folgenden:

- Da das erfindungsgemäße Implantat formmäßig an eine extrahierte, natürliche Zahnwurzel bzw. an die entsprechende Alveole angepasst ist, kann es im wesentlichen unmittelbar nach der Extraktion der natürlichen Zahnwurzel implantiert werden. Das heisst für den Patienten, dass die erste Wartezeit ent-

fällt. Ferner entfallen aufwendige Massnahmen zur Ausrichtung des Implantates und weiterer, auf dem Implantat aufzusetzender Teile (Abutment, Krone etc.)

- 5 • Da die Alveolenwand durch oder für die Implantation des erfindungsgemässen Implantates nur örtlich verändert wird, bleibt sie als Bereich mit einer verdichteten Knochenstruktur grossteils erhalten und kann das Implantat besser abstützen als von der Alveole weiter entferntes, weniger dichtes Knochengewebe.
- 10 • Da das Implantat dank seiner Verankerung durch das thermoplastische Materials und/oder durch die furchenden oder schneidenden Strukturen unmittelbar nach der Implantation für eine Belastung genügend stark im alveolären Knochen verankert ist, kann es unmittelbar nach der Implantation belastet werden, das heisst für den Patienten, dass die zweite Wartezeit entfällt.
- 15 • Da das Implantat im wesentlichen unmittelbar nach der Implantation belastbar ist, kann es als im wesentlichen einstückiges Implantat einen ganzen Zahn mit Wurzelbereich und Kronenbereich darstellen. Es entfallen weitere Anstrengungen für den Aufbau des Implantates.
- 20 • Durch die seitliche Abstützung des Implantates im alveolären Knochen werden Druckkräfte auf das Implantat lokal gut in das Knochengewebe eingekoppelt, wodurch das Implantat eine Langzeit-Stabilität erhält, die der Langzeitstabilität eines schraubenförmigen Implantates gleichkommt.
- Da die seitliche Abstützung des Implantates im alveolären Knochen eine Abstützung auf dem Alveolengrund verhindert oder mindestens relevant reduziert, werden Komplikationen am Alveolengrund vermieden.

- Durch die Belastung des Implantates unmittelbar nach der Implantation wird durch Nicht-Belastung bedingte Knochenrückbildung vermieden.
- Durch die Verankerung des Implantates mittels thermoplastischem Material werden belastungsbedingte Relativbewegungen zwischen Implantat und Knochengewebe auf ein physiologisches Mass reduziert und dadurch die Osseointegration nicht nur nicht gestört sondern gefördert.
- Durch Verwendung eines nicht abbaubaren, thermoplastischen Materials wird eine starke Langzeit-Verankerung des Implantates auch in durch Krankheit oder altersbedingten Abbau schwachem oder wenig regenerationsfähigem Knochengewebe möglich.

Das individuelle Dentalimplantat gemäss Erfindung weist mindestens einen Wurzelbereich auf. Es kann zusätzlich auch einen Kronenbereich aufweisen, also einen ganzen Zahn darstellen, oder es kann zusätzlich zum Wurzelbereich, ein Abutment oder ein Mittel zur Befestigung eines Abutments, einer Krone, einer Brücke oder einer Zahnprothese aufweisen.

Das individuelle Dentalimplantat gemäss Erfindung besteht aus einem für Dentalimplantate üblichen Material, beispielsweise aus Titan, aus einer Titanlegierung, aus einem Keramikmaterial oder einem geeigneten, verstärkten Kunststoff. Wenn es nicht nur einen Wurzelbereich sondern auch einen Kronenbereich aufweist, kann es in diesem Kronenbereich beispielsweise eine entsprechende Beschichtung oder keramische Verblendungen aufweisen oder es kann für das nachträgliche Aufbringen solcher Verblendungen ausgerüstet sein.

Für das erfindungsgemäße Individualimplantat geeignete, biologisch resorbierbare, thermoplastische Materialen sind Polymere auf Milch- und/oder Glukolsäurebasis (PLA, PLLA, PGA, PLGA etc) oder Polyhydroxyalkanoate (PHA), Polycaprolactone (PCL), Polysaccharide, Polydioxanone (PD), Polyanhydride, Polypeptide oder entsprechende Copolymere oder Mischpolymere oder die genannten Polymere enthaltende Verbundwerkstoffe. Geeignete, nicht resorbierbare, thermoplastische Materialen sind beispielsweise: Polyolefine (z.B. Polyethylen), Polyacrylate, Polymetacrylate, Polycarbonate, Polyamide, Polyester, Polyurethane, Polysulfone, Polyphenylsulfide oder Flüssig-Kristall-Polymere (liquid cristal polymers oder LCPs), Polyacetale, halogenierte Polymere, insbesondere halogenierte Polyolefine, Polyphenylsulfide, Polysulfone, Polyether oder entsprechende Copolymere und Mischpolymere oder die genannten Polymere enthaltende Verbundwerkstoffe.

15 Insbesondere geeignet sind als resorbierbare Materialien: Poly-LDL-Lactid (z.B. erhältlich von Böhringer unter dem Handelsnamen Resomer LR708) oder Poly-DL-Lactid (z.B. erhältlich von Böhringer unter den Handelsnamen Resomer R208); als nicht resorbierbares Material: Polyamid 11 oder Polyamid 12.

Verschiedene, beispielhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Individualimplantates sowie dessen Herstellung und Implantation werden im Zusammenhang mit den folgenden Figuren im Detail beschrieben. Dabei zeigen:

20 **Figur 1** einen natürlichen Zahn im Schnitt quer zum Kieferkamm;

**Figur 2** ein individuelles Dentalimplantat, das den Zahn gemäß Figur 1 ersetzt;

**Figur 3** eine Seitenansicht einer bevorzugten Ausführungsform des individuellen Dentalimplantates gemäß Erfundung;

**Figur 4** drei aufeinander projizierte Querschnitte durch ein individuelles Dentalimplantat (etwa Schnittlinien A-A, B-B und C-C in Fig. 3);

5 **Figuren 5A bis 5C** axiale Schnitte durch verschiedene Ausführungsformen der stufenförmigen Querschnittsreduktionen des individuellen Dentalimplantates gemäss Erfindung;

**Figuren 6 bis 8** weitere, beispielhafte Ausführungsformen des individuellen Dentalimplantates gemäss Erfindung;

**Figur 9** ein Schema zur Illustration der Herstellung des individuellen Dentalimplantates gemäss Erfindung;

10 **Figur 10** ein Schema zur Illustration der Implantation des individuellen Dentalimplantates gemäss Erfindung.

**Figur 11A bis 11C** eine schematische Illustration der Implantation eines individuellen Gelenkimplantates;

15 **Figuren 12A bis 12C** eine schematische Illustration der Reparatur einer durch einen Knochentumor erzeugten Defektstelle mit Hilfe eines erfindungsgemässen Individualimplantates.

In allen Figuren sind dieselben Elemente mit denselben Bezugsnummern bezeichnet.

20 **Figur 1** zeigt in einem Schnitt quer zum Kieferkamm einen natürlichen Zahn 1, dessen Wurzel 2 in einem Kieferknochen 3 eingewachsen ist. Der Kieferknochen 3 ist von Zahnfleisch 4 (Bindegewebe und Haut) bedeckt. Die Zahnkrone 5 ragt über den Kieferknochen und über das Zahnfleisch 4 hinaus und ist mit einer Schmelzschicht 6 bedeckt, während das Innere der Zahnkrone 5 und die Zahnwurzel 2 aus Dentin

(Zahnbein) bestehen. Zur Aufnahme der Zahnwurzel 2 weist der Kieferknochen 3 eine Alveole (Zahnfach) auf, wobei das Knochengewebe der Alveolenwand 7 (alveolärer Knochen) verglichen mit Knochengewebe, das weiter von der Wurzel 2 entfernt ist, üblicherweise eine höhere Dichte und dadurch eine höhere mechanische

5 Stabilität aufweist. Zwischen der Alveolenwand 7 und der Zahnwurzel 2 liegt die Zahnhaut 8, die Collagenfasern (Scharpäischer Faserapparat) enthält, mit deren Hilfe die Zahnwurzel 2 mit der Alveolenwand 7 verbunden ist, die also den Zahn tragen und auf den Zahn wirkende Kräfte in das Knochengewebe einkoppeln. Bei einer Extraktion des Zahnes wird die Zahnhaut zerstört. Sie ist nicht regenerierbar.

10 **Figur 2** zeigt in einem gleichen Schnitt wie Figur 1 ein individuelles Dentalimplantat 10 gemäss Erfindung, das den in der Figur 1 dargestellten Zahn 1 ersetzt, das also an der Stelle dieses Zahnes 1 im Kieferknochen 3 implantiert ist. Das Dentalimplantat 10 weist im dargestellten Fall nicht nur einen in seiner Form im wesentlichen an den Zahn 1 bzw. an die Alveolenwand 7 angepassten Wurzelbereich 12 auf sondern auch

15 einen an die Zahnkrone 5 angepassten Kronenbereich 15. Das Dentalimplantat 10 ist beispielsweise einstückig und besteht aus Titan, wobei der Kronenbereich mit einer nicht dargestellten Keramikschicht überzogen ist und die Oberfläche des Wurzelbereiches 12 mindestens bereichsweise für eine osseointegrative Wirkung ausgerüstet ist.

20 Der Wurzelbereich 12 des Dentalimplantates 10 weist stufenartige Querschnittsreduktionen 20 auf, die in die Alveolenwand hineinragen. Zwischen den stufenartigen Querschnittsreduktionen 20 bleibt der Querschnitt des Implantates gegen das distale Implantatsende hin im wesentlichen konstant oder verkleinert sich kontinuierlich. Ferner ist das Dentalimplantat zwischen den stufenartigen Querschnittsreduktionen

25 in Bereichen 21 durch ein thermoplastisches Material mit der Alveolenwand 7 verbunden. Wie bereits weiter oben angesprochen, werden diese Verbindungen während der Implantation erstellt. Dabei wird das thermoplastische Material mittels auf das

Implantat wirkenden mechanischen Vibrationen verflüssigt und in Unebenheiten und Poren der Alveolenwand gepresst, wo es nach der Wiederverfestigung formschlüssig und/oder stoffschlüssig verankert ist.

5 **Figur 3** zeigt ein ähnliches, individuelles Dentalimplantat 10 wie **Figur 2**, das aber noch nicht implantiert ist. Am Wurzelbereich 12 dieses Implantats sind die stufenartigen Querschnittsreduktionen 20 gut sichtbar sowie zwischen diesen angeordnete Oberflächenbereiche 22 aus dem thermoplastischen Material, die über dazwischenliegende, osseointegrativ ausgerüstete Oberflächenbereiche 23 vorstehen. Wenn das thermoplastische Material resorbierbar ist, ist die ganze Oberfläche des Wurzelbereiches 10 osseointegrativ auszurüsten.

15 Die Form des Wurzelbereiches 12 ist primär an die Form der zu ersetzenen, natürlichen Zahnwurzel oder an einen mechanisch relevanten Teil dieser Zahnwurzel bzw. an die Form der entsprechenden Alveolenwand angepasst, das heisst, sie weist dieselbe gegen das distale Ende sich verjüngende Form auf, die unregelmässige (nicht kreisrunde) Querschnitte und/oder eine nicht geradlinige Achse aufweist. Der Wurzelbereich 12 weist aber gegenüber der natürlichen Zahnwurzel bzw. der Alveolenwand die stufenartigen Querschnittsreduktionen 20 auf und die über die osseointegrativen Oberflächenbereiche 23 vorstehenden Oberflächenbereiche 22 aus dem thermoplastischen Material. Die Oberflächenbereiche 22 aus dem thermoplastischen 20 Material sind dabei derart angeordnet und dimensioniert, dass das sich während der Implantation verflüssigende Material möglichst wenig auf die osseointegrativen Oberflächenbereiche 23 gedrückt wird, so dass diese unmittelbar nach der Implantation ihre osseointegrative Wirkung entfalten können.

25 **Figur 4** zeigt drei Querschnitte (etwa Schnittlinien A-A, B-B und C-C in **Figur 3**) durch ein individuelles Dentalimplantat, das dem Dentalimplantat der **Figur 3** im we-

sentlichen entspricht. Aus dem Querschnitt B-B ist klar ersichtlich, wie die Oberflächenbereiche 22 aus dem thermoplastischen Material über die osseointegrativen Oberflächenbereiche 23 vorstehen.

Es zeigt sich, dass gute Resultate erzeugt werden können, wenn der Wurzelbereich  
5 12 eines individuellen Dentalimplantates gemäss Erfindung wie folgt dimensioniert wird:

- Möglichst alle Querschnitte des Wurzelbereichs sind mindestens so gross wie entsprechende Querschnitte durch die entsprechende Alveole, was in etwa den entsprechenden Querschnitten durch die zu ersetzende Zahnwurzel mit  
10 der Zahnhaut entspricht. Dies gilt nicht unbedingt für das distale Ende des Wurzelbereichs, der für eine kontrollierte Entlastung des Alveolengrundes unterdimensioniert sein kann.
- Die axialen Abstände zwischen benachbarten, stufenartigen Querschnittsreduktionen sind zum einen bedingt durch die Breite der Stufe sowie durch die lokale Steilheit des Wurzelbereiches, zum andern kann es aber vorteilhaft sein vor allem nach proximal die Stufen zu verstärken, resp. die Abstände zu verkleinern, um das Implantat optimal zu verankern.  
15
- Die stufenartigen Querschnittsreduktionen haben, vorgegeben durch den zur Verfügung stehenden Raum zwischen zwei Zähnen, eine Breite von maximal 1 mm, vorteilhafterweise von 0,2 bis 0,5 mm. Wenn sie weiter als ca. 0,3 mm über das Mass der Alveolenwand vorstehen, ist es empfehlenswert, in der Alveolenwand vor der Implantation entsprechende Schultern zu erstellen.  
20
- Die Oberflächenbereiche mit dem thermoplastischen Material ragen um 0,05 bis 1 mm (vorteilhafterweise 0,2 bis 0,75 mm) über die daneben liegenden, osseointegrativen Oberflächenbereiche.  
25

- Die Oberflächenbereiche aus dem thermoplastischen Material nehmen vorteilhafte 10 bis 50% der Gesamtoberfläche des Wurzelbereiches ein und sind vorteilhafte 10 sich axial erstreckend zwischen osseointegrativen Oberflächenbereichen angeordnet.

5 Entsprechend dem Belastungskollektiv lassen sich die oben gemachten Angaben auch auf andere Implantate (beispielsweise Gelenkprothesen) übertragen. Die Breite der stufenartigen Querschnittsreduktionen kann bei verfügbarer Knochenmasse durchaus erhöht werden, um zum einem der Steilheit der Kavität zu entsprechen und zum anderen die Kräfte in dem Sinne optimal einleiten zu können, dass der Knochen 10 ausreichend stimuliert wird ohne lokal überbelastet zu werden. Dies bedeutet, dass die durch die stufenartigen Querschnittsreduktionen übertragenen Beanspruchungen, im Mittel nach erreichter Osseointegration keine Dehnungen von mehr als 0.5% aber über 0.05% induzieren sollten.

15 Die Oberflächenbereiche 22 aus dem thermoplastischen Material weisen vorteilhafte 15 Energierichtungsgeber auf, das heisst, diese Bereiche laufen gegen aussen zu Kanten oder Spitzen zu oder sie weisen ein Muster von Höckern auf. Diese Energierichtungsgeber führen zu Spannungskonzentrationen, wenn das im Knochenge 20 webe positionierte Implantat mit mechanischen Vibrationen angeregt wird, und stellen sicher, dass das thermoplastische Material sich an der Grenzfläche zum Knochenmaterial zu verflüssigen beginnt und dass ein thermoplastisches Material mit einer relativ hohen Verflüssigungstemperatur überhaupt verflüssigt werden kann.

25 Das thermoplastische Material ist vorteilhafte 25 derart ausgewählt und am Implantat angeordnet, dass bei der Anwendung der mechanischen Vibration das Implantat als Ganzes akustisch anregbar ist, das heisst resonatorähnlich funktioniert, dass also die mechanischen Schwingungen im Innern des Implantates, also insbeson-

dere an der Berührungsfläche zwischen nicht thermoplastischem Material und thermoplastischem Material oder im Innern des thermoplastischen Materials nicht relevant gedämpft werden. Dadurch wird erreicht, dass das thermoplastische Material an den Implantatoberflächen, insbesondere im Bereich der mit dem Knochengewebe in

5 Berührung stehenden Energierichtungsgeber verflüssigt wird. Für eine geringe Dämpfung innerhalb des thermoplastischen Materials wird vorteilhafterweise ein Material mit einem Elastizitätsmodul von mindestens 0,5 GPa gewählt. Für die Vermeidung von Energieverlusten an den Grenzflächen zwischen den beiden Materialien wird das thermoplastische Material vorteilhafterweise starr und möglichst grossflächig mit dem nicht thermoplastischen Material verbunden, wobei als Energierichtungsgeber funktionierende Strukturen vermieden werden.

10

Es zeigt sich, dass das thermoplastische Material bei der Implantation mittels Ultraschall etwa bis in eine Tiefe von zwei trabekulären Kammern in das Knochengewebe eingepresst werden kann, das heisst in eine Tiefe einer Grössenordnung von ca. 0,2

15 bis 1 mm. Um eine derartige Eindringtiefe zu erreichen, muss das thermoplastische Material in einer entsprechenden Menge vorliegen und muss zwischen den Oberflächenbereichen aus dem thermoplastischen Material und der Alveolenwand eine entsprechende, durch Übermass erwirkte, radiale Druckkraft herrschen.

Wie aus den Figuren 2, 3 und 4 zu ersehen ist, kann das individuelle Dentalimplantat

20 zusätzlich zum Wurzelbereich 12 beispielsweise einen Kronenbereich 15 aufweisen (Figur 2) oder einen Konus 30 zum Montieren einer künstlichen Krone 31 (Figur 3) oder ein Mittel (beispielsweise Sackloch 32 mit Innengewinde, Figur 4) zur Befestigung eines Konus, eines Abutments oder einer Befestigungsvorrichtung für eine Brücke oder eine Zahnprothese. Solche Aufbauten sind aus dem Stande der Technik

25 bekannt.

Wie bereits eingangs erwähnt und wie in der Figur 4 strichpunktiert dargestellt, kann der Wurzelbereich 12 des erfindungsgemäßen Dentalimplantates auch furchende oder schneidende, sich im wesentlichen axial erstreckende Strukturen 40 aufweisen, die derart dimensioniert sind, dass sie bei der Implantation in die Alveolenwand ein-

5 dringen. Solche Strukturen geben dem Implantat zusätzlich oder anstelle seiner Ver- bindung mit der Alveolenwand durch das thermoplastische Material eine Kompo- nente primärerer Stabilität, insbesondere bezüglich Torsionskräften, und koppeln auch nach der Osseointegration auf das Implantat wirkende Torsionskräfte in das Knochengewebe ein.

10 Wenn das erfindungsgemäße Dentalimplantat, wie in der Figur 2 dargestellt, einen an den Wurzelbereich angeformten oder fest darauf montierten Kronenbereich auf- weist, muss es unmittelbar nach der Implantation mindestens beschränkt belastet werden können, das heisst, es muss unmittelbar nach der Implantation eine für diese Belastung genügende Primärstabilität aufweisen. Es ist also mit entsprechenden, eine 15 genügende Primärstabilität bewirkenden Mitteln zu versehen, also beispielsweise mit schneidend wirkenden stufenartigen Querschnittsreduktionen und/oder mit Oberflä- chenbereichen 22 aus thermoplastischem Material und/oder mit axial verlaufenden, furchenden oder schneidenden Strukturen. Wenn das erfindungsgemäße Dentalim- plantat dagegen nur einen Wurzelbereich 12 aufweist, kann es in an sich bekannter 20 Weise für die eingangs beschriebene zweite Wartezeit unbelastet im Kieferknochen positioniert bleiben und erst nach genügender Osseointegration aufgebaut und damit belastet werden. Im letzteren Fall können die Mittel zur Erzeugung einer primären Stabilität fehlen oder weniger stark ausgebildet sein.

25 Figuren 5A bis 5C zeigen axiale Teilschnitte durch beispielhafte Ausführungsfor- men der stufenartigen Querschnittsreduktionen 20 des Dentalimplantates gemäss Er- findung. In Figur 5A sind auch Oberflächenbereiche 22 aus thermoplastischem Mate- rial dargestellt, in Figur 5B ein Innenhohlraum 24, in dem ein verflüssigbares Mate-

rial vorgelegt ist, und Öffnungen 25 durch die das verflüssigbare Material während der Implantation an die Implantatoberfläche gepresst wird, wo es erst dann Oberflächenbereiche 22 und sofort oder nach einer entsprechenden Aushärtung auch eine Verankerung zwischen Knochengewebe und Implantat bildet. Der Innenhohlraum ist 5 vorteilhafterweise mit Energierichtungsgebern, z.B. kantigen Stufen 24.1 versehen, um den Energiebedarf für eine optimale Verflüssigung des vorgelegten Materials zu minimieren und eine möglichst tiefe Viskosität zu erreichen.

Die stufenartige Querschnittsreduktion 20 gemäss Figur 5A ist stumpf, das heisst rechtwinklig (ausgezogen dargestellt) oder stumpfwinklig (strichpunktiert dargestellt), sie hat also keine schneidende Wirkung. Die stufenartige Querschnittsreduktion 20 gemäss Figur 5B ist spitzwinklig hinterschnitten (geradlinig: ausgezogen dargestellt; geschweift: strichpunktiert dargestellt). Sie wirkt also auch schneidend und vermag dem Implantat dadurch eine weitere Komponente von Primärstabilität zu geben. Die stufenartige Querschnittsreduktion 20 gemäss Figur 5C ist ebenfalls schneidenförmig ausgebildet und steht leicht vom Implantat ab (lokale Querschnittsvergrösserung), wodurch die Reibung vermindert wird.

Figur 6 zeigt als weiteres Beispiel eines individuellen Dentalimplantats gemäss Erfindung ein Implantat, das wie ein Backenzahn einen mehrteiligen Wurzelbereich 12 aufweist. Dieser Wurzelbereich muss nicht unbedingt den gesamten, natürlichen 20 Wurzelbereich ersetzen, sondern kann auf dessen mechanisch relevanten und/oder extrahierbaren Teile beschränkt sein. Auch in diesem Falle ist es möglich, das Implantat unmittelbar nach der Extraktion des zu ersetzenden Backenzahnes zu implantieren und unmittelbar nach der Implantation zu belasten. Das Implantat kann also 25 einen Kronenbereich 15 aufweisen, der beispielsweise der Krone des extrahierten Zahnes nachgebildet ist.

Figur 7 zeigt ein weiteres, individuelles Dentalimplantat gemäss Erfindung, das wiederum einen Wurzelbereich 12 mit stufenartigen Querschnittsreduktionen 20 aufweist. Diese Querschnittsreduktionen 20 sind axial unregelmässig über den Wurzelbereich 12 verteilt und sie verlaufen nicht vollständig um diesen herum und eher schief zu seiner Achse. Entsprechend unregelmässig sind auch die Oberflächenbereiche 22 aus thermoplastischem Material und die osteointegrativen Oberflächenbereiche 23 angeordnet. Das Implantat weist ferner einen Abutment-artigen Teil 26 auf, der nach der Implantation aus dem Kieferknochen in den Bereich des Zahnfleisches ragt und beispielsweise zur Befestigung weiterer Aufbauten mit einem Sackloch 32 mit Innengewinde ausgerüstet ist. Der Abutmentteil 26 weist einen Kragen 27 mit einer schneidenförmig hinterschnittenen Unterkante auf. Mit dieser Unterkante stützt sich der Abutmentteil nach der Implantation leicht einschneidend auf der Oberflächen des Kieferknochens ab. Unmittelbar unter dem Kragen 27 ist ein Ring 28 aus thermoplastischem Material angeordnet, der durch Verflüssigung während der Implantation das Implantat in der äussersten Schicht des Kieferknochens verankern soll. Dieser Ring 28 besteht vor allem beim älteren Patienten vorteilhafterweise aus einem nicht resorbierbaren Thermoplasten, derart, dass er zusätzlich zu seiner Verankerungsfunktion eine Dichtungsfunktion zwischen dem Knochengewebe und dem darüber angeordneten, gegebenenfalls nicht sehr dicht um das Implantat anschliessenden Zahnfleisch übernehmen kann. Kragen und Ring können funktionsgemäß auch unabhängig voneinander angewandt werden.

Figur 8 zeigt ein weiteres, individuelles Dentalimplantat gemäss Erfindung mit einem Wurzelbereich 12 und daran angeordneten, stufenartigen Querschnittsreduktionen 20, die in diesem Falle auf Teile des Implantatumfangs beschränkt sind, so dass sie sich schuppenförmig von der übrigen Implantatoberfläche erheben. Diese schuppenartigen Strukturen können wie am Wurzelbereich 12 dargestellt eine im wesentlichen rechteckige oder quadratische Form haben und ihre um den Umfang verlaufenden Kanten (Unterkanten) können wie weiter oben beschrieben (Figuren 5A bis 5C) stumpf oder schneidend ausgestaltet sein. Dasselbe gilt für die im wesentli-

chen axial verlaufenden Kanten der schuppenförmigen Strukturen, die, wenn schneidend ausgerüstet, als axial verlaufende furchende oder schneidende Strukturen funktionieren.

Rechts vom Wurzelbereich 12 sind in der Figur 8 weitere beispielhafte Formen von 5 stufenartigen Querschnittsreduktionen 20 mit schuppenartigen Formen dargestellt. Diese können beispielsweise in axialer Richtung konkave (seitlich spitz zulaufende) oder konvexe (mittig spitz zulaufende) Unterkanten oder schief gegen die Unterkante zulaufende axiale Kanten aufweisen. Auch in radialer Richtung können diese Unterkanten und Bereiche über den Unterkanten konvex oder konkav gebogen oder eben 10 sein, die „Schuppe“ also die Form eines Konus oder Hohlkonus aufweisen oder im wesentlichen eben sein.

Es ist auch möglich, den Wurzelbereich 12 des individuellen Dentalimplantats in an 15 sich bekannter Weise mit einer oder mehreren durchgehenden Öffnungen 29 zu versehen. Solche Öffnungen werden während der Osseointegrations-Phase von Knochengewebe durchwachsen.

**Figur 9** illustriert das Verfahrens zur Herstellung eines individuellen Dentalimplantates 10 gemäss Erfindung. Dieses Verfahren weist im wesentlichen drei Schritte auf, die alle auf an sich bekannten Methoden beruhen. Diese Schritte sind:

- Vermessung: Ein zu ersetzender Zahn 1 und/oder die entsprechende Alveole 70, 20 bzw. Alveolenwand 7 wird zur Erstellung eines beispielsweise dreidimensionalen Bildes vermessen. Die das Bild darstellenden Messdaten werden für eine Weiterverarbeitung bereitgestellt.

100% ✓ [ ]

- Messdaten-Verarbeitung: Die das Bild darstellenden Messdaten werden insbesondere durch Anbringen der stufenartigen Querschnittsreduktionen, gegebenenfalls durch Addition eines Übermasses und gegebenenfalls durch Anbringen von furchenden oder schneidenden, axial verlaufenden Strukturen verändert. Ferner werden die Oberflächenbereiche aus dem thermoplastischen Material zugefügt. Wenn das Bild nicht ein dreidimensionales, vollständiges Bild ist, wird es vorgängig durch Erfahrungswerte bezüglich Implantatsform ergänzt. Die verarbeiteten Messdaten werden für eine Implantats-Herstellung bereit gestellt.
- Implantat-Herstellung: das Implantat wird anhand der verarbeiteten Messdaten gegebenenfalls in einer Mehrzahl von Herstellungsschritten hergestellt.

5 Für den Vermessungsschritt eignen sich verschiedene Methoden, insbesondere die Methode der Computertomographie (CT) oder eine MRI-Methode (Magnetic Resonance Imaging), mit welchen Methoden beispielsweise für einen noch nicht extrahierten Zahn gleichzeitig ein Bild des Zahnes 1 und der Alveole 70 erstellt werden kann. Ein solches Verfahren erlaubt es, das Implantat vor der Extraktion des zu 10 ersetzen, natürlichen Zahnes herzustellen und in nur einer Session den zu ersetzen- 15 den Zahn zu extrahieren und an seiner Stelle das Implantat zu implantieren.

20 Es ist aber durchaus möglich, den extrahierten Zahn und/oder die Alveole 70 nach der Extraktion zu vermessen, wobei damit insbesondere Alveolenverformungen durch die Extraktion mitvermessen werden können.

Anstelle eines dreidimensionalen Bildes, für dessen Aufnahme komplexe Apparaturen zur Verfügung stehen müssen, ist es auch möglich, ein oder eine Mehrzahl von zweidimensionalen Röntgenbildern entsprechend auszumessen, wobei zur Erstellung

eines dreidimensionalen Modells für das Implantat die Bilder anhand von entsprechenden Erfahrungswerten ergänzt werden.

Für den Schritt der Messdaten-Verarbeitung wird vorteilhafterweise ein CAD-System (computer aided design) verwendet, dem die Messdaten aus dem Vermessungsschritt zugeführt werden. Wenn Messdaten der Alveole 70 verfügbar sind, wird der Wurzelbereich des Implantates vorteilhafterweise anhand dieser Daten modelliert (vorteilhafterweise mit einem Übermass von ca. 10 bis 100 $\mu$ m). Wenn nur Messdaten des zu ersetzenen Zahnes verfügbar sind, wird zum Übermass eine Erfahrungs-dicke der Zahnhaut zugefügt, wobei vorteilhafterweise der Bereich des Alveolen-5 grundes konstruktiv durch ein geringeres Übermass oder auch ein Untermass entlastet wird. Ferner werden die seitlichen Oberflächen des Wurzelbereiches modifiziert durch Anfügen der stufenartigen Querschnittsreduktionen, der Oberflächenbereiche aus dem thermoplastischen Material und der osseointegrativen Oberflächenbereiche. Für die Oberflächenbereiche aus dem thermoplastischen Material werden an einem 10 Vorimplantat 10° gegebenenfalls Vertiefungen vorgesehen, in die Teile aus dem thermoplastischen Material vorteilhafterweise formschlüssig eingebracht werden können. Für die osseointegrativen Oberflächenbereiche werden beispielsweise entsprechende Oberflächenstrukturen vorgesehen.

15

Im Schritt der Messdaten-Verarbeitung können auch Daten erzeugt werden, aufgrund 20 deren ein Implantationswerkzeug 71 herstellbar ist, wobei das Implantationswerkzeug 71 an einen Kronenbereich 15 des Implantates möglichst genau angepasst ist. Ebensolche Daten können erzeugt werden für die Herstellung eines Bearbeitungswerkzeugs 72 oder eines Sets von Bearbeitungswerkzeugen, wobei diese Werkzeuge an den Wurzelbereich des Implantates angepasst sind (mit leichtem Untermass für 25 ein Bearbeitungswerkzeug, bzw. stufenweise steigendem Untermass für eine Mehrzahl von Bearbeitungswerkzeugen). Das Bearbeitungswerkzeug 72 dient für die Vorbereitung der Alveolenwand vor der Implantation des Implantates.

30.7.2014

Für den Schritt der Implantat-Herstellung wird vorteilhafterweise ein CAM-System (computer aided machining) verwendet, dem die Daten aus dem Schritt der Messdatenverarbeitung zugeführt werden. In diesem Schritt wird beispielsweise aus einem entsprechenden Titan-Rohling beispielsweise durch Fräsen, Schleifen oder Elektroerosion ein Vorimplantat 10' gefertigt. Aus diesem werden gegebenenfalls durch entsprechende Oberflächenbehandlung anschliessend die osseointegrativen Oberflächenbereiche erstellt und Teile aus dem thermoplastischen Material angebracht (durch Einschnappen, Aufkleben, Angiessen, durch Ultraschall, etc.), wodurch das fertige Implantat 10 entsteht.

5

10 In im wesentlichen derselben Weise wie das Vorimplantat 10' werden auch das Implantationswerkzeug 71 und das oder die Bearbeitungswerkzeuge 72 für die Vorbereitung der Alveolenwand hergestellt.

15 Figur 10 illustriert das Verfahren zur Implantation eines individuellen Dentalimplantates, wobei das gezeigte Implantat 10 zusätzlich zu einem erfundungsgemäss ausgerüsteten Wurzelbereich 12 auch einen Kronenbereich 15 aufweist, wobei beiden diese Bereiche an die Form eines zu ersetzenen, natürlichen Zahnes angepasst sind. Der Wurzelbereich 12 des gezeigten Implantates 10 weist zusätzlich zu stufenartigen Querschnittsreduktionen 20 Oberflächenbereiche 22 aus einem thermoplastischen Material und gegebenenfalls axial verlaufende, furchende oder schneidende Geometrien (nicht dargestellt) auf.

20

25 Die Alveole 70 wird vor der Implantation ausgeräumt und kürtiert, wozu beispielsweise ein mit Ultraschall angetriebenes Werkzeug (nicht dargestellt) verwendet wird. Wenn die durch eine direkte Implantation entstehende Belastung des Knochengewebes tolerierbar ist, wird das Implantat in die derart vorbereitete Alveole 70 direkt implantiert (in Figur 9 links dargestellte Variante). Wenn die Belastung des

Knochengewebes eher gering gehalten werden soll, wird die Alveole 70 mit einem Bearbeitungswerkzeug 72 vorbearbeitet, dadurch, dass in der Alveolenwand 7 den stufenartigen Querschnittsreduktionen 20 des Implantates entsprechende Schultern 20' erstellt werden (in Figur 9 rechts dargestellte Variante mit bearbeiteter Alveole 5 70'). Für diese Vorbearbeitung wird ein an den Wurzelbereich 12 angepasstes Bearbeitungswerkzeug 72 in die Alveole eingeführt. Die Querschnittsabmessungen des Bearbeitungswerkzeuges sollen dabei leicht kleiner sein als die entsprechenden Abmessungen des Implantates. Wenn notwendig, können auch mehrere solche Bearbeitungswerkzeuge zur Anwendung kommen, wobei jedes Werkzeug verglichen mit 10 dem vorgehend verwendeten Werkzeug etwas dicker ist.

Die Bearbeitungswerkzeuge 72 können mit entsprechenden Schlägen in die Alveole eingebbracht werden. Vorteilhafterweise werden sie aber mit mechanischen Schwingungen, vorteilhafterweise Ultraschall, angeregt und gleichzeitig in die Alveole geführt. Gegebenenfalls kann das Bearbeitungswerkzeug 72 mit einem leicht abrasiven 15 Medium umspült werden, welches Medium durch eine Öffnung am distalen Ende des Werkzeuges zwischen Werkzeug und Alveolenwand gepresst wird und welches Medium auch dazu dient, abgetragenes Knochenmaterial wegzutransportieren.

In die ausgeräumte oder entsprechend bearbeitete Alveole (70 oder 70') wird das individuelle Implantat gemäss Erfindung eingesetzt. Dazu kann beispielsweise ein geeignetes Schlagwerkzeug verwendet werden, vorausgesetzt das Implantat weist keine 20 Oberflächenbereiche aus einem thermoplastischen Material und kein in seinem Inneren vorgelegtes, zu verflüssigendes Material auf. Ist dies aber der Fall, muss das Implantat oder das vorgelegte verflüssigbare Material mit mechanischen Schwingungen, insbesondere mit Ultraschall beaufschlagt werden, was vorteilhafterweise während dem Einsetzen des Implantates in die Alveole geschieht. Selbstverständlich ist 25 es auch möglich, das Implantat zuerst mit einem Schlagwerkzeug in der Alveole einzusetzen und erst dann mit Ultraschall zu beaufschlagen.

Wenn das Implantat einen Kronenbereich 15 aufweist, wird für das Einsetzen vorteilhafterweise ein an diesen Kronenbereich angepasstes Implantationswerkzeug 71 (z.B. individuelle Sonotrode oder entsprechender Sonotrodenaufsatz) verwendet.

Wenn das Implantat nur einen Wurzelbereich mit einer im wesentlichen flachen Stirnfläche oder einen normierten Aufbau aufweist, kann zur Implantation eine entsprechende Standardsonotrode verwendet werden. Durch die Anpassung vor allem auch der Sonotrodenlänge und -geometrie kann die akustische Anregung des Implantates optimiert werden. Die Sonotrode oder der Sonotrodenaufsatz kann durch geeignete Massnahmen wie Stoff- oder Formschluss oder auch durch die Anwendung von Vakuum die Kopplung zum Implantat unterstützend und das Handling verbessernd ausgerüstet sein.

Wenn im Wurzelbereich des individuellen Dentalimplantates nur die mechanisch relevanten Teile der entsprechenden natürlichen Zahnwurzel nachgebildet sind, diese aber ganz extrahiert wurde, sind vor der Implantation durch das Implantat nicht zu besetzende Alveolenteile vorteilhafterweise mit einem Knochenersatzmaterial, wie z.Bsp. Calciumphosphat Granulat wie es für Augmentationen verwendet wird, zu füllen.

Vorteilhafterweise wird das Implantat so schnell wie möglich, vorteilhafterweise unmittelbar nach der Extraktion des zu ersetzenen Zahnes implantiert.

Es ist selbstverständlich auch möglich, für die Implantation des erfindungsgemäßen Implantates in einer Stelle eines Kieferknochens, die keine oder eine bereits verwachsene Alveole aufweist, eine Kavität zu erstellen und diese in der oben genannten Weise für die Implantation vorzubereiten. Die Form einer solchen Kavität und des entsprechenden Implantates kann dabei an Knochenstrukturen angepasst werden, die wie eine Alveole mittels Computertomogramm vermessen werden kann.

Figuren 11A bis 11C illustrieren die Implantation eines individuellen Gelenkimplantates gemäss Erfindung. Figur 11A zeigt einen Schnitt durch den Knochen 60 mit dem epiphysären Bereich 60.1, dem metaphysären Bereich 60.2 und dem diaphysären Bereich 60.3, in welchem Knochen das individuelle Gelenkimplantat zu 5 implantieren ist. Figur 11B zeigt das Bearbeitungsinstrument 72 (ebenfalls im Schnitt), dessen Form im wesentlichen mit der Implantatsform übereinstimmt und mit dessen Hilfe im Knochen 60 die Kavität 62 erstellt oder fertiggestellt wird. Figur 11C zeigt das in der Kavität 62 zu implantierende, individuelle Gelenkimplantat 61 als Seitenansicht. Das Gelenkimplantat 61 hat die Form eines unregelmässigen Konus und weist stufenartige Querschnittsreduktionen 20, zwischen diesen angeordnete 10 Oberflächenbereiche 22 aus einem thermoplastischen Material und axial verlaufende, furchende oder schneidende Strukturen 40 (Rippen) auf.

Ausgehend von der mit Hilfe von CT oder MRI aufgenommenen Knochengeometrie wird das individuelle Gelenkimplantat 61 und das Bearbeitungswerkzeug 72 gefertigt, in im wesentlichen derselben Art und Weise, wie im Zusammenhang mit der 15 Figur 9 für das individuelle Dentalimplantat beschrieben ist. Dabei wird das Implantat und die Kavität derart geplant, dass die Verankerung mit Hilfe der stufenartigen Querschnittsreduktionen 20 und der Rippen 40 im epi- und metaphysären Bereich liegt. Die Oberflächenbereiche 22 aus dem thermoplastischen Material sind an Stellen 20 angeordnet, die erhöhten Zug- und Schubspannungen ausgesetzt sind. Dadurch werden gezielt osseointegrationsmindernde Verschiebungen oder Dehnungen in der Grenzfläche zwischen Implantat und Knochen auf ein unkritisches Mass reduziert. Bei der Erstellung der Kavität kann die erste Öffnung mit Standard-Instrumenten erstellt werden. Mindestens für den letzten Räumungsschritt wird das formmässig an 25 das Implantat angepasste Bearbeitungswerkzeug 72 verwendet, um damit die Form der Kavität 62 ausreichend nahe an die Form des Implantates anzupassen.

Figuren 12A bis 12C illustrieren die Reparatur einer durch Entfernung eines Knochentumors entstandenen Knochendefektes mit einem defektüberbrückenden, erfundungsgemässen Individualimplantat. Figur 12A zeigt den geschnittenen Knochen 65 mit dem Tumor 66. Figur 12B zeigt im Schnitt den zu entfernenden Knochenbereich 66' (Excision) und das mindestens für die Fertigstellung der Kavität eingesetzte Bearbeitungswerkzeug 72. Figur 12C zeigt im Schnitt die fertig gestellte Kavität 62 und das in der Kavität zu implantierende Individualimplantat 67, das wiederum die Form eines unregelmässigen Konus hat und stufenartige Querschnittsreduktionen 20 und Oberflächenbereiche 22 aus einem thermoplastischen Material aufweist.

Der Knochentumor 66 wird vorgängig mittels Röntgenaufnahmen, CT oder MRI geometrisch eingegrenzt. Auf Basis der Vermessungsdaten wird vom Chirurgen die Grösse der Excision bestimmt. Das Individualimplantat 67 und das Bearbeitungswerkzeug 72 werden entsprechend der Excisionsgeometrie gestaltet.

Das Bearbeitungswerkzeug 72 weist ferner Absaugkanäle 72.1 auf, die im Bereich der schneidenförmig ausgebildeten Kanten der Querschnittsreduktionen 20 in die Werkzeugoberfläche münden. Durch diese Absaugkanäle werden Knochenmaterial, Knochenmark und Tumorzellen aus der Kavität abgesaugt, wodurch das mit dem Werkzeug 72 räumbare Volumen erhöht und der Aufbau von lokal hohen Drücken, die zu Fettembolien führen könnten, vermieden. Durch das Absaugen der Tumorzellen wird verhindert, dass diese ins gesunde Gewebe transferiert werden, womit das Risiko, metastasierende Zellen zurückzulassen, erheblich reduziert wird.

**PATENTANSPRÜCHE**

1. Individualimplantat geeignet für die Implantation in einer vorgegebenen, individuellen, von einer Kavitätswand aus Knochengewebe umgebenen Kavität, wobei das Individualimplantat einen zu implantierenden Bereich aufweist, der die Form eines unregelmässigen, an die Form der Kavität angepassten Konus und osseointegrativ wirkende Oberflächenbereiche (23) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der zu implantierende Bereich stufenartige Querschnittsreduktionen (20) aufweist, die derart dimensioniert sind, dass sie nach der Implantation in der Kavitätswand positioniert sind.  
5
- 10 2. Individualimplantat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die stufenartigen Querschnittsreduktionen (20) ganz oder teilweise um den zu implantierenden Bereich verlaufen.
- 15 3. Individualimplantat nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die stufenartigen Querschnittsreduktionen (20) stumpf oder schneidenartig hinterschnitten ausgestaltet sind.
- 20 4. Individualimplantat nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die teilweise um den zu implantierenden Bereich verlaufenden, stufenartigen Querschnittsreduktionen (20) axial versetzt angeordnet sind.
5. Individualimplantat nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die teilweise um den zu implantierende Bereich verlaufenden, stufen-

artigen Querschnittsreduktionen (20) schuppenartig geformt sind und eine geradlinige Unterkante oder konkave oder konvexe Unterkante aufweisen.

6. Individualimplantat nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen den stufenartigen Querschnittsreduktionen (20) Oberflächenbereiche (22) aus einem thermoplastischen Material angeordnet sind.  
5
7. Individualimplantat nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Oberflächenbereiche (22) aus dem thermoplastischen Material um den Umfang des zu implantierenden Bereichs mit osseointegrativen Oberflächenbereichen (23) abwechselnd angeordnet sind und diese überragen.
- 10 8. Individualimplantat nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass es einen inneren Hohlraum (24) aufweist, in dem ein verflüssigbares Material vorgelegt ist, sowie Öffnungen (25) durch die das verflüssigbare Material nach Verflüssigung durch mechanische Vibration an die Oberfläche des zu implantierenden Bereichs pressbar ist.
- 15 9. Individualimplantat nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zu implantierende Bereich ferner sich axial erstreckende, furchende oder schneidende Strukturen (40) aufweist.
10. Individualimplantat nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass es ein Dentalimplantat (10) ist, dessen zu implantierender Bereich ein Wurzelbereich (12) ist, wobei die Form des Wurzelbereiches (12) im wesentlichen an die Form einer durch das Dentalimplantat (10) zu ersetzenen Zahnwurzel (2) oder an einen mechanisch relevanten Teil einer zu ersetzenen  
20

Zahnwurzel (2) oder an eine entsprechende Alveole (70) mit einer Alveolenvand (7) angepasst ist.

11. Individualimplantat nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass es zusätzlich zum Wurzelbereich (12) einen Kronenbereich (15), einen Abutmentteil (26) oder Mittel (32) zum Befestigen eines Abutments, einer Krone (31), einer Brücke oder einer Zahnprothese aufweist.  
5
12. Individualimplantat nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Abutmentteil (26) einen Kragen (27) mit einer schneidenartig ausgebildeten Unterkante aufweist.
- 10 13. Individualimplantat nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass unmittelbar unter dem Kragen (27) ein Ring (28) aus einem thermoplastischen Material angeordnet ist.
14. Individualimplantat nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass es ein Gelenkimplantat ist, dessen zu implantierender Bereich an eine individuelle Geometrie des epi-, meta- und diaphysären Bereichs eines entsprechenden Knochens angepasst ist.  
15
15. Individualimplantat nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass es für die Überbrückung eines Knochendefekts ausgelegt ist und nach der individuellen Geometrie des Knochendefekts gestaltet ist.

16. Implantations-Set bestehend aus einem Individualimplantat nach einem der Ansprüche 1 bis 15 und mindestens einem Bearbeitungswerkzeug (72), das formmäßig an den zu implantierenden Bereich des Individualimplantats angepasst ist, und/oder einem Implantationswerkzeug (71), das formmäßig an eine proximale Seite des Implantats angepasst ist.  
5
17. Implantations-Set nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Implantationswerkzeug (71) als Sonotrode oder Sonotrodenaufsatz ausgebildet ist.
18. Verfahren zur Herstellung eines Individualimplantates nach einem der Ansprüche 1 bis 15, welches Individualimplantat als Ersatz eines Knochenteils oder eines Zahns in einer vorgegebenen oder zu erstellenden Kavität mit einer knöchernen Kavitätswand implantiert wird, wobei das Verfahren einen Vermessungsschritt aufweist, in dem der zu ersetzende Knochenteil oder Zahn (1) und/oder die vorgegebene Kavität oder eine vorgegebene Knochenstruktur im Bereich der zu erstellenden Kavität vermessen wird zur Erstellung von Messdaten, durch die der Knochenteil, der Zahn (1), die Kavität oder die Knochenstruktur abbildbar sind, einen Messdaten-Verarbeitungsschritt, in dem die Messdaten bearbeitet werden, und einen Herstellungsschritt, in dem anhand der bearbeiteten Messdaten das Individualimplantat (10) hergestellt wird, dadurch gekennzeichnet, dass im Messdaten-Verarbeitungsschritt dem zu implantierenden Bereich des Individualimplantates Querschnitte gegeben werden, die mindestens entsprechenden Querschnitten des zu ersetzenden Knochenteils oder Zahns oder der vorgegebenen oder zu erstellenden Kavität entsprechen, und der zu implantierende Bereich mit stufenartigen Querschnittsreduktionen (20) versehen wird, die derart dimensioniert sind, dass sie nach der Implantation in der Kavitätswand positioniert sind.  
10  
15  
20  
25

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass im Vermessungsschritt ein dreidimensionales Bild oder ein oder mehrere zweidimensionale Bilder aufgenommen werden.
- 5 20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass im Messdaten-Verarbeitungsschritt am zu implantierenden Bereich Oberflächenbereiche konstruiert werden, die sich für die Aufnahme von Teilen aus einem thermoplastischen Material eignen.
- 10 21. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass im Messdaten-Verarbeitungsschritt im zu implantierenden Bereich ein innerer Hohlraum (24) und Öffnungen (25), die die Oberfläche des zu implantierenden Bereichs mit dem inneren Hohlraum (24) verbinden, konstruiert werden.
- 15 22. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass im Messdaten-Verarbeitungsschritt am zu implantierenden Bereich axial verlaufende, furchende oder schneidende Strukturen (40) konstruiert werden, die derart dimensioniert sind, dass sie nach der Implantation in die Kavitätswand reichen.
- 20 23. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass im Messdaten-Verarbeitungsschritt zusätzlich Daten für die Herstellung eines an den zu implantierenden Bereich des Individualimplantates angepassten Implantationswerkzeuges (71) erstellt werden.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass im Messdaten-Verarbeitungsschritt zusätzlich Daten für die Herstellung

eines an eine proximale Seite des Implantates angepassten Implantationswerkzeuges (72) erstellt werden.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass im Messdaten-Verarbeitungsschritt osseointegrativ wirkende Strukturen konstruiert werden.

5

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass das Individualimplantat ein Dentalimplantat (10) ist und dass der zu ersetzbende Zahn (1) und/oder die Alveole (70) vor der Extraktion des zu ersetzen- den Zahnes (1) vermessen werden.

10 27. Verfahren zur Implantation eines Individualimplantates nach einem der An- sprüche 1 bis 15, wobei das Individualimplantat in einer vorgegebenen oder zu erstellenden Kavität mit einer knöchernen Kavitätswand, an die das Individu- alimplantat formmässig angepasst ist, eingesetzt wird, dadurch gekenn- zeichnet, dass beim Einsetzen des Individualimplantates die stufenartigen Querschnittsreduktionen (20) in die Kavitätswand eingepresst werden oder dass vor dem Einsetzen des Individualimplantates in der Kavitätswand an die stufenartigen Querschnittsreduktionen (20) angepasste Schultern (20') erstellt werden.

15

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass für die Erstel- lung der Schultern (20') ein Bearbeitungswerkzeug (72) verwendet wird, das an den zu implantierenden Bereich des Implantates (10) angepasst ist.

20

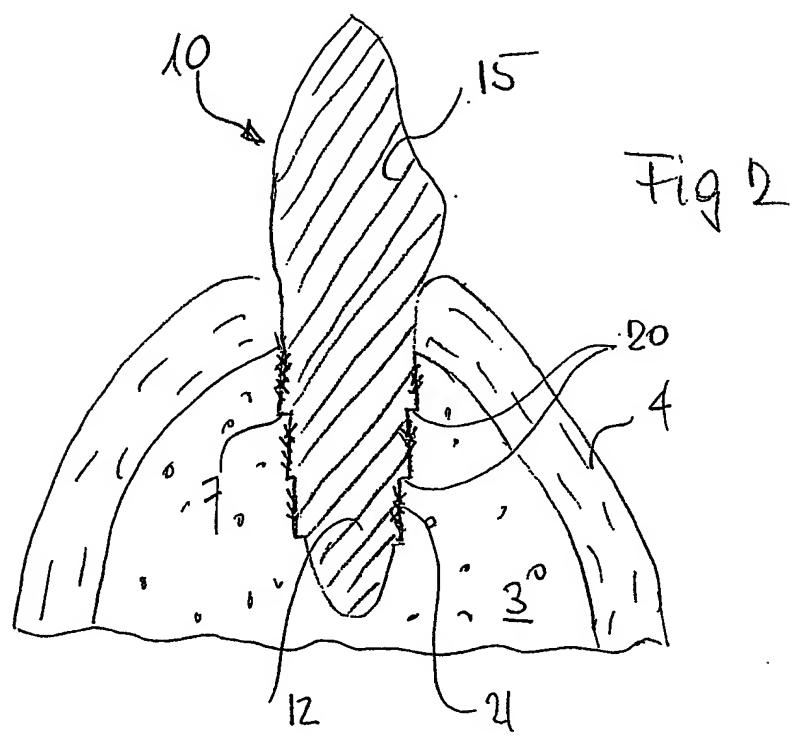
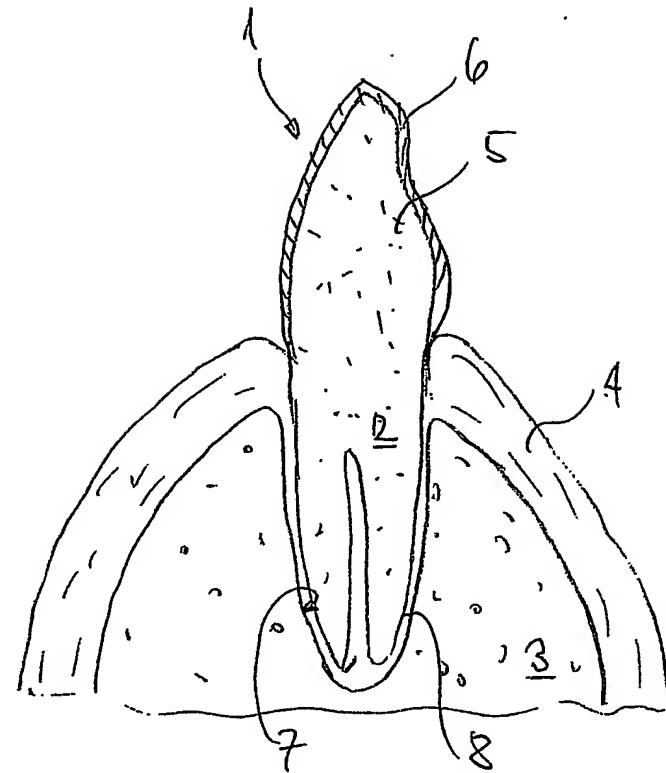
29. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass für das Einsetzen des Implantats (10) ein Implantationswerkzeug (71) verwendet wird, das formmässig an eine proximale Seite des Implantates angepasst ist.
- 5 30. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass das Individualimplantat für das Einsetzen und/oder das Bearbeitungswerkzeug (72) für die Vorbereitung der Kavitätswand mit mechanischen Vibrationen beaufschlagt werden.
- 10 31. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass das Individualimplantat ein Dentalimplantat (10) ist und dass die Implantation unmittelbar nach der Extraktion des zu ersetzen Zahnes (1) durchgeführt wird.

## ZUSAMMENFASSUNG

Das vorgeschlagene Individualimplantat ist beispielsweise ein individuelles Dentalimplantat (10), ein individuelles Gelenkimplantat oder ein Implantat zur Überbrückung eines individuellen Knochendefektes. Das Dentalimplantat (1) weist einen 5 Wurzelbereich (12) auf, der im wesentlichen an die Wurzel eines zu ersetzen Zahnes angepasst ist, wobei aber der Wurzelbereich (12) nicht wie die Zahnwurzel sich im wesentlichen kontinuierlich gegen das distale Ende hin verjüngt, sondern stufenartige Querschnittsreduktionen (20) aufweist. Diese sind so dimensioniert, dass sie nach der Implantation in der Alveolenwand positioniert sind. Das Implantat (10) 10 weist ferner zwischen den stufenartigen Querschnittsreduktionen (20) Oberflächenbereiche (22) aus einem thermoplastischen Material auf, die mit Oberflächenbereichen (23) mit einer osseointegrativen Wirkung alternieren und über diese vorstehen. Das Dentalimplantat wird vorteilhafterweise unmittelbar nach der Extraktion des zu 15 ersetzen Zahnes implantiert, wobei es in der Alveole positioniert und mit mechanischen Schwingungen beaufschlagt wird. Dadurch wird das thermoplastische Material mindestens teilweise verflüssigt und in Unebenheiten und Poren der Alveolenwand eingepresst und es entsteht eine formschlüssige und/oder stoffschlüssige Verbindung zwischen Implantat (10) und Alveolenwand, die eine sofortige Belastung erlaubt. Durch die Belastbarkeit des frisch implantierten Implantates, wird es möglich, 20 dieses bereits mit einem Kronenbereich oder einer Krone (31) zu versehen und wird die Osseointegration des Implantates gefördert. Durch die stufenartigen Querschnittsreduktionen (20) wird das Implantat seitlich in der Alveolenwand gestützt, was eine gezielte, örtliche Einkoppelung von Druckkräften ergibt und dem Implantat zu einer dauerhaften Stabilität verhilft.

Inveränderliches Exemplar  
Exemplaire invariable  
Exemplare immutabile

1987-10-09



unveränderliches Exemplar  
exemplaire invariable  
semplare immutabile

2013/2014

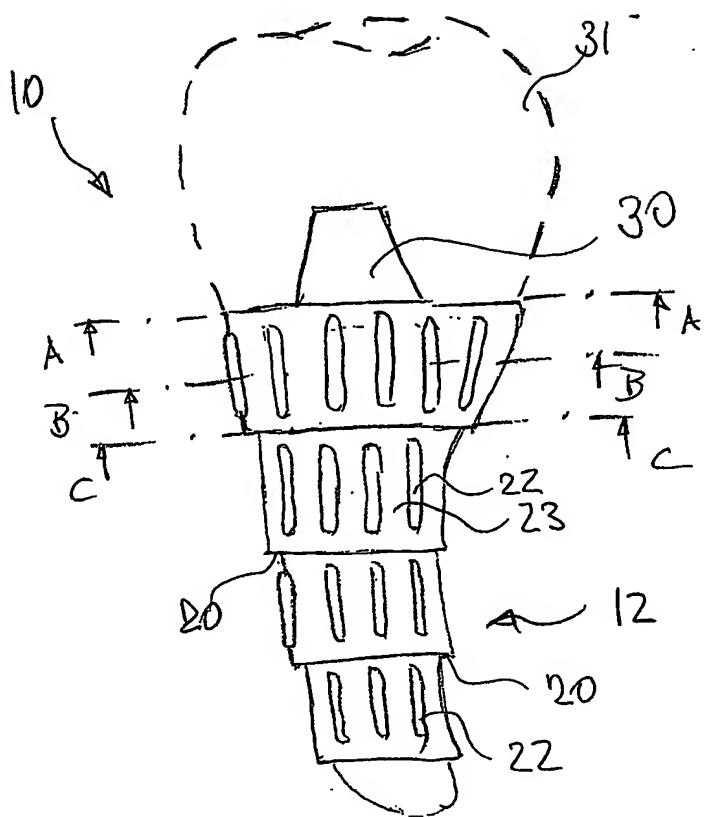


Fig. 3.

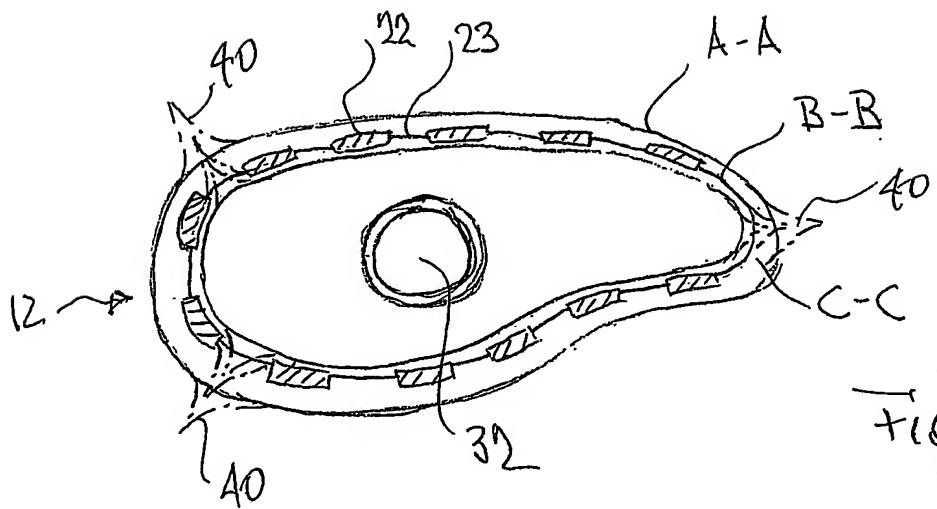


Fig. 4

Unveränderliches Exemplar  
Exemplaire invariable  
Exemplaire immuable



100% 100%

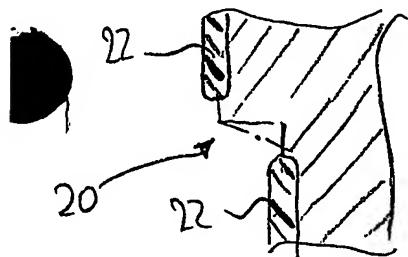


Fig 5A

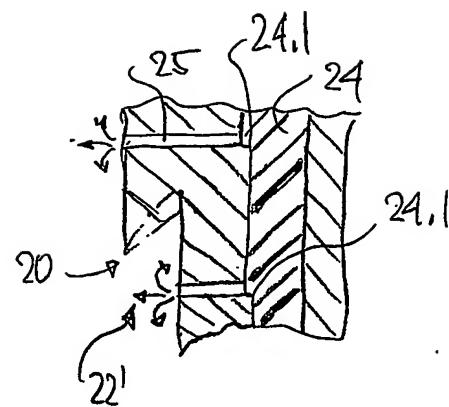


Fig 5B

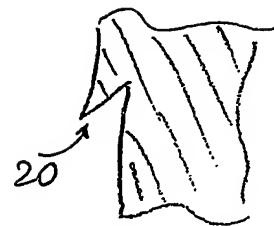


Fig 5C

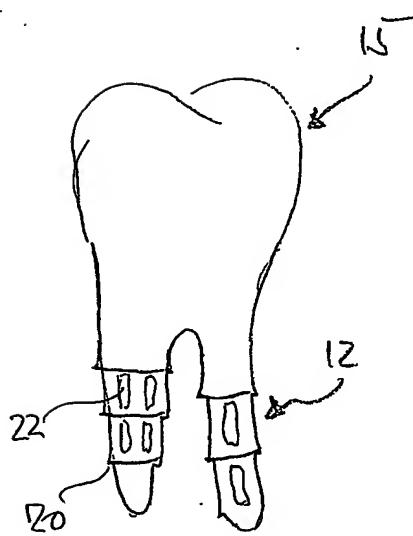


Fig 6

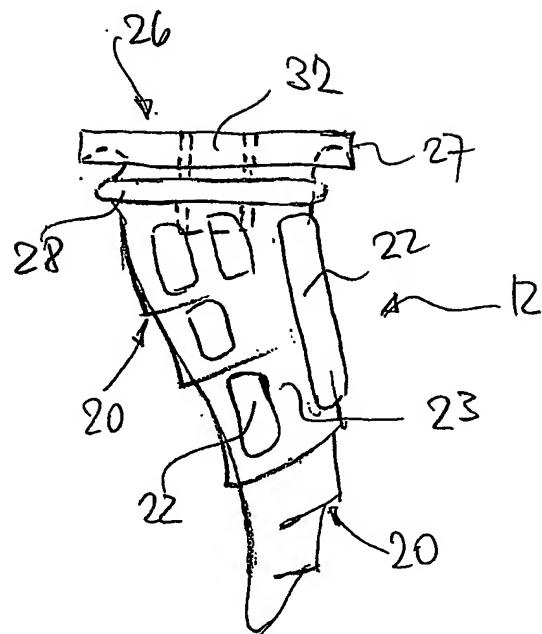


Fig 7

Inveränderliches Exemplar  
Exemplaire invariable  
Esemplare immutabile

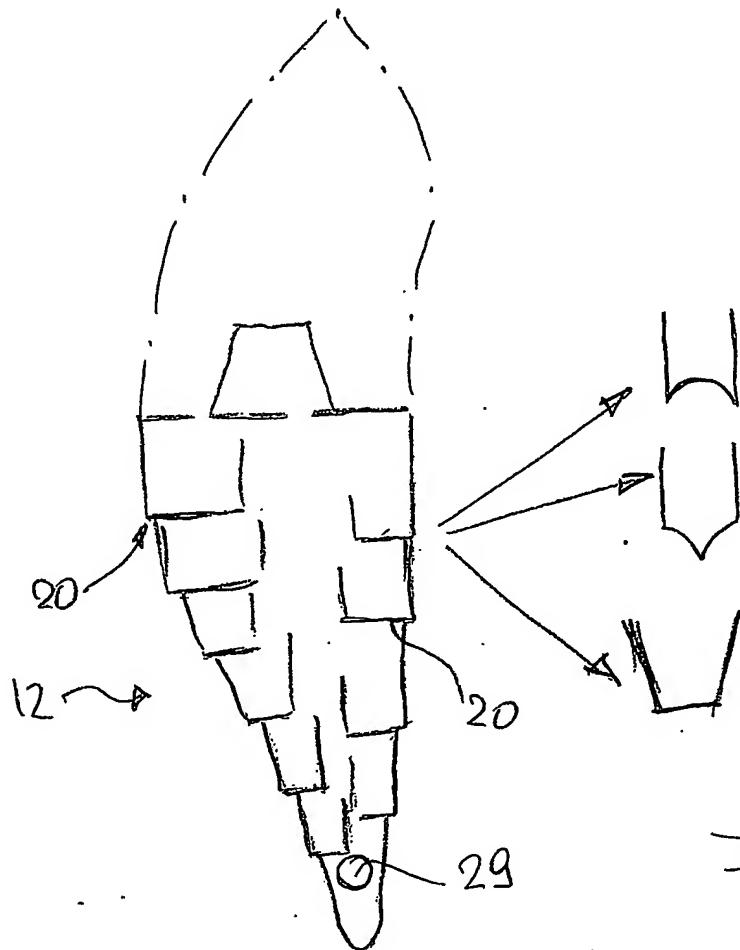


Fig 8

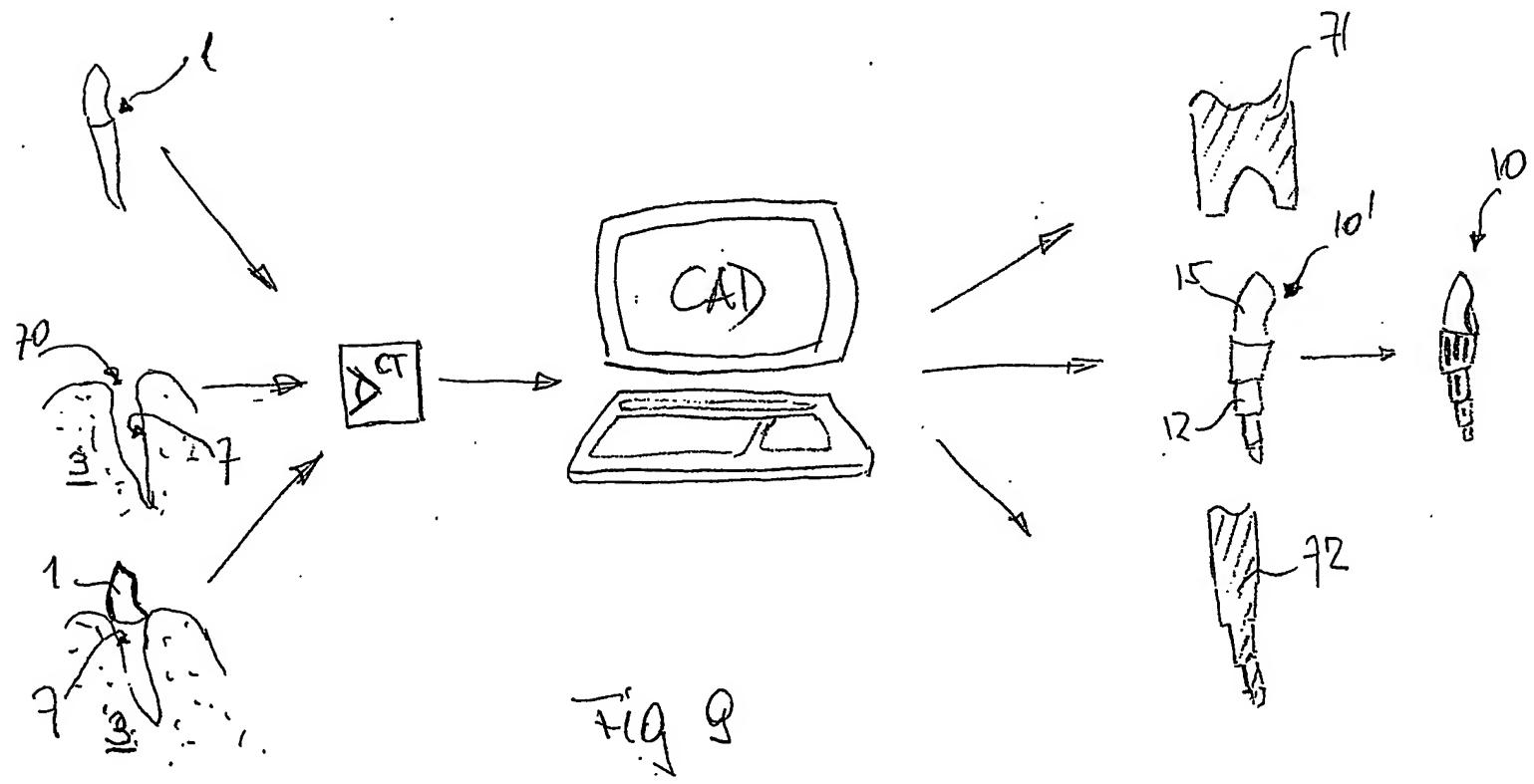


Fig 9

Inveränderliches Exemplar  
Exemplaire invariable  
Esemplare immutabile

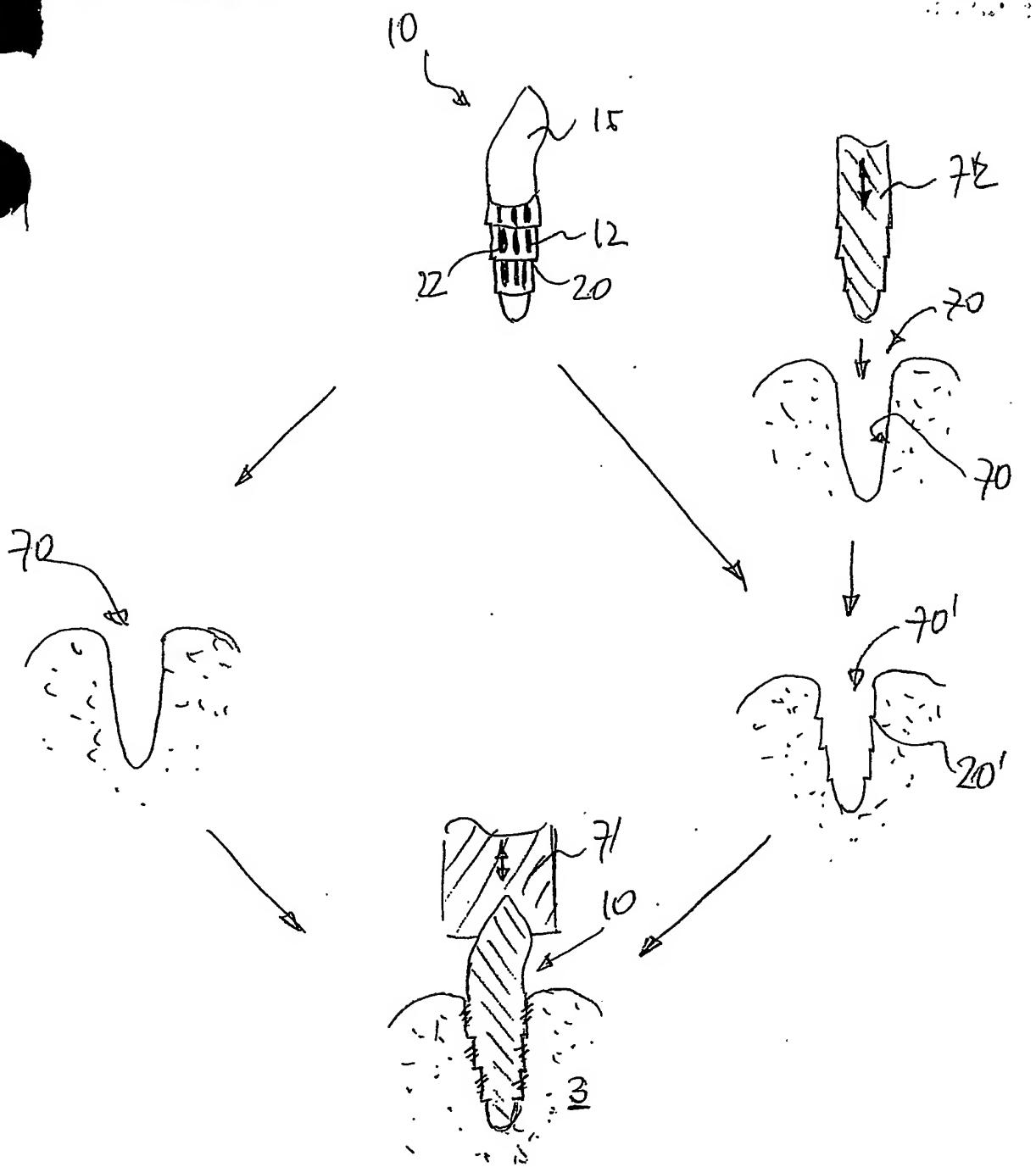


Fig 10

Unveränderliches Exemplar  
Exemplaire invariable  
Esemplare immutabile

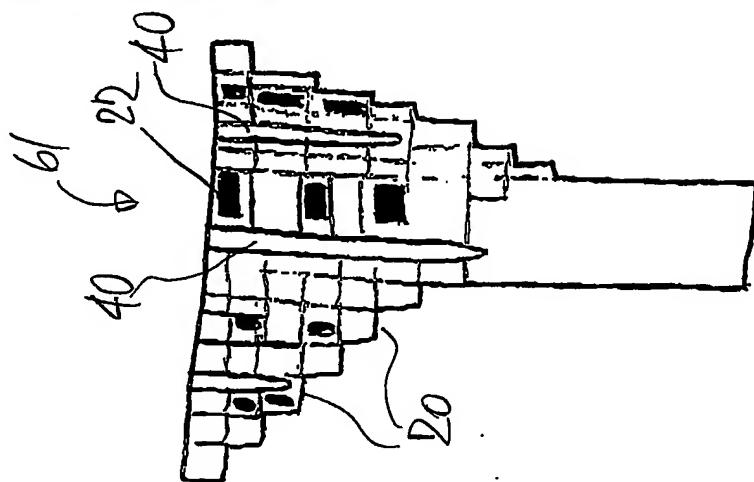


Fig 11C

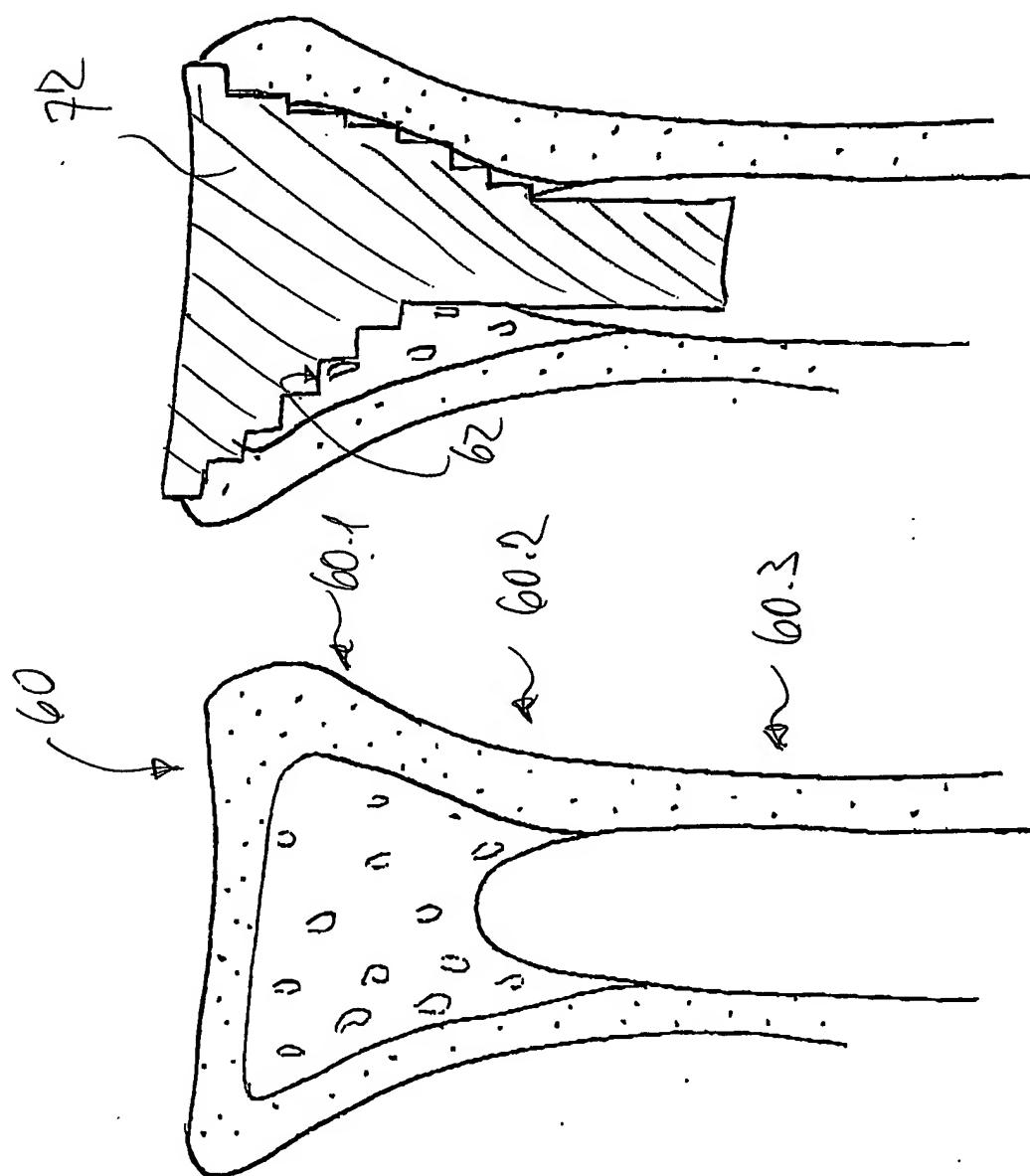


Fig. 11B

Fig 11A

Unveränderliches Exemplar  
Exemplaire invariable  
Esemplare immutabile

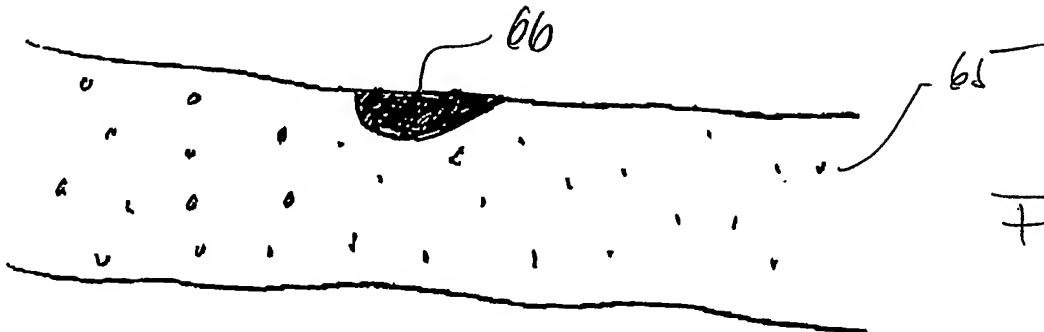


Fig 12A

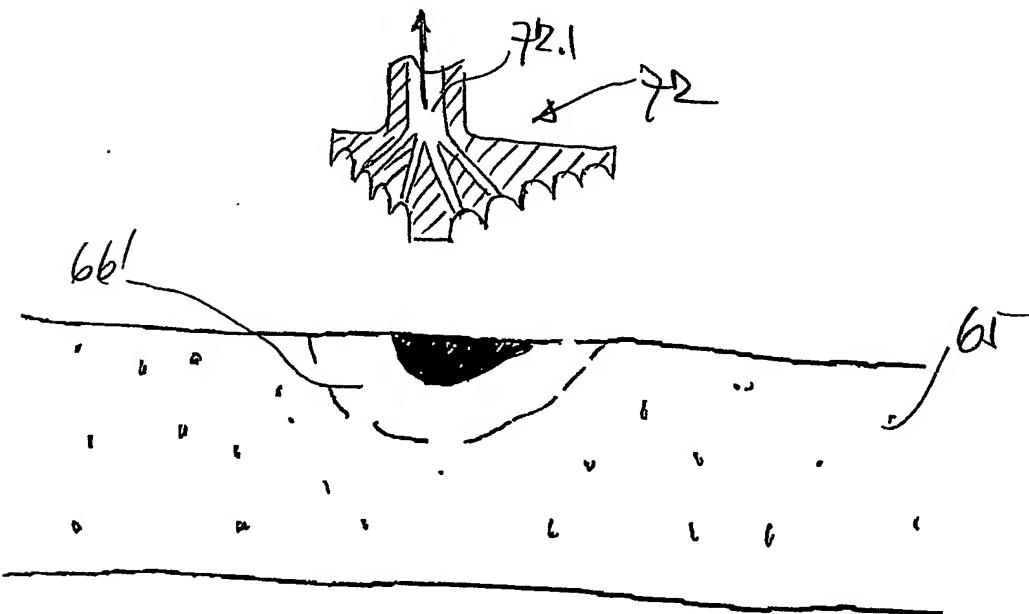


Fig 12B

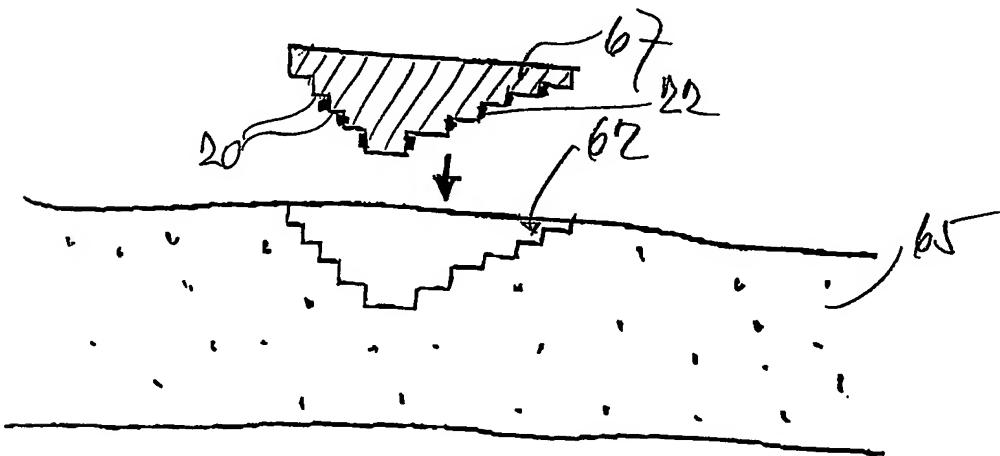


Fig 12C

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/CH05/000043

International filing date: 28 January 2005 (28.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: CH  
Number: 287/04  
Filing date: 20 February 2004 (20.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 07 March 2005 (07.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse